



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

**TEMA:**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO MONOPLAZA DE BAJO  
COSTO PARA UNA PERSONA CON PARAPLEJIA.**

**AUTORES:**

**CARTAGENA CONDURI DIEGO PATRICIO**

**VELASCO RIVERA ALEXIS DAVID**

**DIRECTOR:**

**MSc. LUIS TEJADA**

**IBARRA 2016**

## Certificación

Yo, **Luis Tejada**, en calidad de Director del Trabajo de Grado de tema: **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO MONOPLAZA DE BAJO COSTO PARA UNA PERSONA CON PARAPLEJIA**. Certifico que los señores **Cartagena Conduri Diego Patricio** con N° C.I. 100339381-4 y **Velasco Rivera Alexis David** con N° C.I. 100369426-0, Egresados de carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, son legítimos autores del presente trabajo de investigación y que cumple con los requisitos técnicos y científicos que la Universidad Técnica del Norte establece.



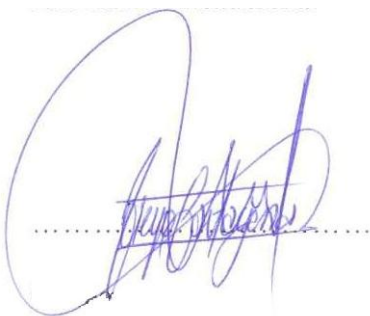
MSc. Luis Tejada

**DIRECTOR DE PROYECTO**

### **Declaración**

Nosotros, Cartagena Conduri Diego Patricio y Velasco Rivera Alexis David, declaramos que el trabajo de investigación que se muestra a continuación es de nuestra autoría; además de mencionar que no existe un similar al desarrollado; también podemos declarar que los conocimientos, principios y normativas ya establecidas tiene un fundamento científico y bibliográfico que consta en este documento.

La Universidad Técnica del Norte es libre de hacer uso según lo requiera., de acuerdo a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



Cartagena Conduri Diego Patricio



Velasco Rivera Alexis David

## Dedicatorias

El presente trabajo va dedicado con un infinito amor A DIOS, A EL SANTO HERMANO MIGUEL PATRONO DE LA SALLE, MI FAMILIA, HERMANOS y AMIGOS, por brindarme su confianza y cariño; a MI MADRE por todos esos años junto a mí, porque con su paciencia y amor supo guiarme por el buen camino, a MI PADRE por ser un pilar fundamental en mi vida y ayudarme a buscar soluciones a los problemas, a un amigo especial que ya no está en este mundo; pero me mira desde el cielo LENIN CHUGA lo logre amigo. MISHELL esto también va por ti, te amo.

Con mucho amor para todos ustedes, gracias por estar junto a mí.

Cartagena Conduri Diego Patricio

El presente trabajo de grado va dedicado a todas las personas que de una forma u otra han formado parte del camino de mi vida, gracias a todos, porque sé que en mí hay un poco de todos ustedes gracias a su granito de arena he llegado a donde estoy y tengo claro a donde voy, en el fondo de mi corazón guardo el reflejo de todos ustedes sin nunca olvidarme de dónde vengo, lo que tengo y quien soy, doy gracias infinitas a mi familia, a mi súper héroe Miguel Velasco al eterno amor de mi vida Rosa Rivera a mis amados hermanos Edgar, Bruno y Abraham, al amigo que sembró en mí el amor hacia la mecánica un señor que a donde va es esperado, es bien venido y es querido mi tío Francisco Garrido. Dicen que los amigos son la familia que uno puede escoger, no son de sangre pero son de alma, vida y corazón gracias también a todos ustedes.

“El señor es mi pastor, nada me faltara, en verdes praderas me hace descansar, por aguas tranquilas me conduce, conforta mi alma, me guía por el sendero correcto, haciendo honor a su nombre.”

Velasco Rivera Alexis David

## **Agradecimiento**

Nuestro más sincero agradecimiento A DIOS y A NUESTROS PADRES por darnos la vida y llenarnos de bendiciones, a el cuerpo de docentes y autoridades que conforman la Universidad Técnica del Norte, por avernoso dado la oportunidad de terminar una etapa de formación en nuestras vidas, a todos los Docentes de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz por brindarnos su amistad y compartir sus conocimientos además de experiencias con nosotros. Así mismo extendemos un agradecimiento de corazón al Ing. Diego Pineda, Ing. Carlos Mafla, MSc. Luis Tejada por ser guías, asesores y director de nuestro proyecto.

Cartagena Conduri Diego Patricio

Velasco Rivera Alexis David



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN**

**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer del texto completo en forma digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

<b>DATOS DE CONTACTO</b>	
<b>CEDULA DE IDENTIDAD:</b>	100339381-4
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	<b>Cartagena Conduri Diego Patricio</b>
<b>DIRECCIÓN:</b>	Azaya; Calle Macas 22-35 y Riobamba
<b>EMAIL:</b>	Cartagena19912208@hotmail.com
<b>TELEFONO FIJO:</b> 06-2-545-913	<b>TELEFONO MÓVIL:</b> 0982813527

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO MONOPLAZA DE BAJO COSTO PARA UNA PERSONA CON PARAPLEJIA.
<b>AUTORES:</b>	<b>Cartagena Conduri Diego Patricio</b> <b>Velasco Rivera Alexis David</b>
<b>FECHA:</b>	04 de Febrero de 2016
<b>SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO</b>	
<b>PROGRAMA:</b>	PREGRADO
<b>TITULO POR EL QUE OPTA</b>	<b>INGENIEROS EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ</b>
<b>ASESOR/DIRECTOR</b>	<b>MSc. Luis Tejada.</b>



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

#### A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de texto completos en forma digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DE CONTACTO	
<b>CEDULA DE IDENTIDAD:</b>	100369426-0
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	<b>Velasco Rivera Alexis David</b>
<b>DIRECCIÓN:</b>	Tanguarin; Calle; Exequiel Rivadeinera 2-84
<b>EMAIL:</b>	dvelas91@yahoo.es
<b>TELEFONO FIJO:</b> 06-2-932-782	<b>TELEFONO MÓVIL:</b> 0993974149

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO MONOPLAZA DE BAJO COSTO PARA UNA PERSONA CON PARAPLEJIA.
<b>AUTORES:</b>	<b>Cartagena Conduri Diego Patricio</b> <b>Velasco Rivera Alexis David</b>
<b>FECHA:</b>	04 de Febrero de 2016
<b>SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO</b>	
<b>PROGRAMA:</b>	PREGRADO
<b>TITULO POR EL QUE OPTA</b>	<b>INGENIEROS EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ</b>
<b>ASESOR/DIRECTOR</b>	<b>MSc. Luis Tejada.</b>

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO  
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Nosotros, **Cartagena Conduri Diego Patricio y Velasco Rivera Alexis David** portadores de las cédulas de identidad Nro. **1003393814, 1003694260** , manifestamos nuestra voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado; **Diseño y Construcción de un Vehículo Monoplaza de Bajo Costo para una Persona con Paraplejia** que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ** en la Universidad Técnica del Norte quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi Condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma

Cartagena Conduri Diego Patricio  
100339381-4

Firma

Velasco Rivera Alexis David  
1003694260

Ibarra, a los 03 días del mes de Febrero de 2016



## Resumen

El presente trabajo tiene la finalidad de cubrir los requerimientos de movilidad de las personas con discapacidad, porque para su construcción se requiere investigar las normas y leyes vigentes en nuestro país amparadas en la constitución; y que están dirigidas hacia la inclusión de discapacitados a la sociedad, a su vez también se debe investigar acerca del diseño y resistencia de materiales. Durante la concepción del diseño se utiliza el programa de modelización 3D Inventor Professional, por medio del cual se puede crear un diseño que cumpla con los requerimientos propuestos para la construcción de un prototipo, a su vez también el mismo programa facilita la simulación, cálculo de resistencias y esfuerzos del material que se usa en el vehículo; además, se debe realizar cálculos de cargas y de impactos estos cálculos sirven para reconocer las cargas que se son aplicados en ciertos puntos de la estructura. Posterior a esto; una vez conocidos los datos obtenidos y requeridos; se procede a la adquisición del material; montaje de los elementos y sistemas que conforman el vehículo. Para continuar con la fabricación de la carrocería, la cual es elaborada en un material ligero como es el aluminio, finalizando con esto la construcción. El vehículo está formado por mecanismos sencillos y comerciales en su totalidad los cuales facilitan la conducción, además de brindar la seguridad y confort al ocupante. También se puede mencionar que el vehículo es una fuente de independencia mental que libera a las personas discapacitadas de su limitación. El vehículo cuenta con su propia independencia porque tiene un potente motor de combustión interna lo cual no lo limita en su traslado y desempeño. Características que son demostradas en las diferentes pruebas de campo a las que es sometido el vehículo, mostrando los resultados esperados y superando las expectativas puestas en el mismo.

### Abstract

This project have the purpose of covering requirements of mobility for persons with disabilities, that`s why for its construction was required to research the rules and laws of our country established in the constitution; and they are directed towards the inclusion of disabled people into society, at the same time the design and strength of materials were researched. The “3D modeling software Inventor” was used, which could create a design that meets the proposed requirements for the construction of a prototype, the same program also facilitated the simulation, calculation of resistors and materials efforts that were used in the vehicle; Additional calculations loads and impacts which served to recognize the loads that would be applied at certain points of the structure were performed. After this; once the obtained and required data were known it was proceed to the acquisition of the material; mounting elements and systems that make up the vehicle. To continue making the body, which was made of a light material such as aluminum, concluding with this the construction of it. The vehicle is formed by simple mechanisms and commercial arrangements in its entirety, which facilitates driving, in addition providing safety and comfort to the occupant. Also can be mentioned that this vehicle is a source of mental independence which sets free disabled persons from their limitation. The vehicle has its own independence why it has a powerful internal combustion engine which does not limit their transfer and performance. Features that were demonstrated in different field tests to which the vehicle was submitted, showing the expected results and exceeding the expectations placed on it.



## **Introducción**

La construcción del vehículo tiene como objetivo principal la inclusión de personas con paraplejia. Cubriendo la necesidad de movilidad que tiene este grupo social. Para la construcción de este vehículo se usa conceptos básicos de mecánica y una profunda búsqueda de normas que se requieren para la concepción de este tipo de vehículos.

El vehículo que se muestra a continuación es un prototipo, que cuenta con los instrumentos de seguridad, confort y sistemas necesarios para su conducción por qué no depende de fuentes externas de traslado. Para la construcción se basa en normas ya establecidas por constructores, el vehículo no puede desarrollar y exceder altas velocidades. Con esto el ocupante se puede trasladar a libre voluntad y con seguridad.

Por otro lado, con la construcción de este vehículo se quiere incentivar al desarrollo de nuevas tecnologías, las cuales sean de beneficio común hacia la sociedad y mejoren las condiciones de vida de la misma. Siendo esto el desarrollo del lado humano de la ingeniería.

Este trabajo tiene una metodología tecnológica, enfocada en el diseño de un vehículo, análisis de resistencia, cálculos de impactos; para esto se basa en leyes, principios y conceptos tomados de fuentes bibliográficas ya establecidos por autores especialistas en cada una de los temas aplicados.

## Índice de Contenidos.

<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>1. Problema de investigación.....</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes. ....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Formulación del problema .....	2
1.4. Delimitación.....	3
1.5. Objetivo.....	3
1.6. Justificación.....	4
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Marco Teórico .....</b>	<b>5</b>
2.1. Paraplejia.....	5
2.2. Tipos de lesiones. ....	5
2.3. Capacidad motriz de una persona parapléjica .....	6
2.4. Incapacidad motriz de una persona parapléjica .....	6
2.5. La población parapléjica en Ecuador .....	7
2.6. La población parapléjica en Imbabura .....	8
2.7. Marco jurídico de las personas discapacitadas.....	9
2.8. Constitución y amparo a las leyes de los discapacitados. ....	9
2.9. Reglamento de importación de vehículos para personas con paraplejia.....	10
2.10. Licencia de conducir tipo “F” para personas con capacidades especiales. ....	11
2.11. Normativa para matricular vehículos. ....	12
2.12. Productos de apoyo para personas con discapacidad. ....	14
2.13. Clasificación de los vehículos de apoyo según la norma ISO 9999. ....	15
2.14. Productos de apoyo para la movilidad personal para personas con paraplejia. .	15
2.15. Componentes del vehículo. ....	18
2.16. Inventor Autodesk.....	43

2.17. Tensión de Von Mises.....	44
2.18. Deformación.....	44
2.19. Factor de seguridad. ....	45
2.20. Soldadura.....	46
2.21. Preparación del material.....	48
2.22. Calidad. ....	50
2.23. Soldabilidad.....	50
2.24. Acero. ....	50
2.25. Seguridad para los procesos de suelda. ....	51
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>52</b>
<b>3. Metodología de la Investigación .....</b>	<b>52</b>
3.1. Tipo de Investigación.....	52
3.2. Métodos.....	52
3.3. Técnicas.....	52
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>53</b>
<b>4. Propuesta Alternativa: Diseño y construcción del vehículo.....</b>	<b>53</b>
4.1. Diseño, construcción del chasis junto con la jaula de seguridad. ....	53
4.2. Chasis y Jaula de Seguridad.....	53
4.3. Cálculos de determinación de cargas. ....	55
4.4. Reconocimiento de nodos y vigas.....	72
4.5. Proceso de análisis estructural por medio Inventor Professional.....	74
4.6. Análisis de la estructura. ....	76
4.7. Construcción, montaje y adaptación de sistemas principales al chasis según las especificaciones del diseño 3D. ....	80
4.8. Verificación de la calidad.....	88
4.9. Verificación de soldaduras.....	88
4.10. Montaje del tren de potencia. ....	88

4.11. Montaje de la suspensión. ....	98
4.12. Montaje del sistema de frenos. ....	100
4.13. Adaptación y montaje de la dirección. ....	101
4.14. Montaje del sistema eléctrico. ....	103
4.15. Fabricación de la carrocería. ....	104
4.16. Proceso de pintura. ....	105
4.17. Inspección visual. ....	107
4.18. Pintado del chasis. ....	108
4.19. Pintado de la carrocería. ....	108
4.20. Pruebas de campo. ....	109
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>112</b>
<b>5. Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>112</b>
5.1. Conclusiones. ....	112
5.2. Recomendaciones.....	113
<b>ANEXOS.....</b>	<b>114</b>

## Índice de Tablas

Tabla 1. Número de discapacitados por provincia.....	7
Tabla 2.- Número de discapacitados por cantón en la provincia de Imbabura. ....	8
Tabla 3.- Parámetros de pruebas para deriva dinámica. ....	12
Tabla 4.- Parámetros de pruebas para suspensiones. ....	13
Tabla 5.- Parámetros de pruebas para frenos. ....	13
Tabla 6.- Clasificación de los productos de apoyo para la movilidad de discapacitados. .....	17
Tabla 7.- Datos de la suelda usada.....	47
Tabla 8.- Características de los electrodos 6011 - 6013. ....	47
Tabla 9.- Diámetros y amperajes de los electrodos. ....	48
Tabla 10.- Valores obtenidos por inventor. ....	57
Tabla 11.- Carga de frenado. ....	64
Tabla 12.- Carga de aceleración brusca. ....	65
Tabla 13.- Carga de resistencia del aire frontal. ....	68
Tabla 14.- Carga de impacto superior.....	69
Tabla 15.- Carga de impacto lateral.....	70
Tabla 16.- Carga de impacto frontal. ....	71
Tabla 17.- Carga sobre el techo. ....	72
Tabla 18.- Fuerza y pares de reacción en restricciones. ....	78
Tabla 19.- Resumen de resultados. ....	78
Tabla 20.- Características del motor. ....	88
Tabla 21. Medidas del neumático. ....	94

## Índice de Figuras.

Fig. 1. Carrocería en general.....	18
Fig. 2. Chasis tubular. ....	19
Fig. 3. Mesas de suspensión.....	20
Fig. 4. Brazos de suspensión trasera. ....	21
Fig. 5. Componentes del freno de una motocicleta.....	22
Fig. 6. Manigueta doble acción de cuadrón. ....	23
Fig. 7. Bomba de freno. ....	24
Fig. 8. Cables de freno. ....	24
Fig. 9. Cable completo con funda. ....	25
Fig. 10. Cañerías de freno. ....	26
Fig. 11. Freno de tambor.....	27
Fig. 12. Freno de disco.....	28
Fig. 13.Ángulo de dirección. ....	30
Fig. 14. Volante de motocicleta. ....	31
Fig. 15. Columna de dirección con cruceta. ....	31
Fig. 16. Varilla de dirección. ....	32
Fig. 17. Rotulas de dirección. ....	32
Fig. 18. Factor subvirante y sobrevirante. ....	34
Fig. 19. Tacómetro Completo. ....	39
Fig. 20. Motor de arranque. ....	40
Fig. 21. Rectificador y regulador de voltaje. ....	41
Fig. 22. Coronilla o bobinas.....	42
Fig. 23. Bujía. ....	43
Fig. 24. Soldadura por arco eléctrico. ....	47
Fig. 25. Suelta Eléctrica. ....	48
Fig. 26. Tipos de empalmes y de soldadura.....	49
Fig. 27. Boceto final. ....	55
Fig. 28. Designación de nodos, vista isométrica.....	73
Fig. 29. Designación de vigas, vista isométrica.....	73
Fig. 30. Estructura de la carrocería. ....	74
Fig. 31. Ensamble simplificado. ....	75
Fig. 32. Restricciones fijas.....	75



Fig. 33. Colocación de cargas.....	76
Fig. 34. Análisis de la tensión de Von Mises.....	76
Fig. 35. Análisis de deformación.....	77
Fig. 36. Análisis de coeficiente de seguridad. ....	77
Fig. 37.- Diagrama de fabricación del chasis.....	81
Fig. 38. Marcado de tubos. ....	83
Fig. 39. Proceso de corte de tubos. ....	83
Fig. 40. Proceso de perfilado de tubos.....	84
Fig. 41. Doblado de tubos artesanal.....	85
Fig. 42. Unión de la estructura por medio de suelda. ....	85
Fig. 43. Armado de chasis. ....	86
Fig. 44. Armado frontal del vehículo.....	86
Fig. 45. Armado de base de la jaula de seguridad. ....	87
Fig. 46. Acabados finales de la jaula de seguridad.....	87
Fig. 47.- Primera posición de poleas.....	89
Fig. 48.- Segunda posición de poleas e inicio de movimiento. ....	90
Fig. 49.- Tercera posición de poleas con la relación 1:1. ....	90
Fig. 50.- Posición final de poleas.....	90
Fig. 51.- Diámetros iniciales de las poleas del sistema CVT. ....	91
Fig. 52.- Diagrama del sistema de transmisión del vehículo.....	91
Fig. 53.- Diagrama de velocidad en función de Rpm. ....	95
Fig. 54.- Diagrama variación de poleas. ....	96
Fig. 55.- Diagrama de torque.....	96
Fig. 56.- Diagrama de potencia.....	97
Fig. 57. Bases del motor .....	97
Fig. 58. Montaje de tren de potencia. ....	98
Fig. 59. Montaje de suspensión delantera.....	99
Fig. 60. Montaje de la suspensión posterior. ....	100
Fig. 61. Montaje de sistema de frenos. ....	101
Fig. 62. Montaje de dirección con volante de motocicleta. ....	102
Fig. 63. Construcción de bases para la columna de dirección. ....	102
Fig. 64. Montaje de los brazos de dirección. ....	103
Fig. 65. Montaje de sistema eléctrico. ....	103
Fig. 66.- Reparación del motor .....	119

Fig. 67.-Armado del motor. ....	119
Fig. 68.-Ensamble de la base del chasis.....	120
Fig. 69.- Aplicación de Suelta.....	120
Fig. 70.- Armado de mesas de suspensión delanteras.....	121
Fig. 71.- Ensamble de mesas y visualización de la posición del motor.....	121
Fig. 72.- Ubicación de brazos pivotantes, instalación de transmisión y armado de suspensión delantera. ....	122
Fig. 73.-Instalación de bases del motor. ....	122
Fig. 74.- Instalación de dirección.....	123
Fig. 75.- Ensamble del arco principal de la jaula de seguridad. ....	123
Fig. 76.- Armado de bases e instalación de suspensión posterior.....	124
Fig. 77.- Armado total de la estructura. ....	124
Fig. 78.- Instalación de sistemas de frenos. ....	125
Fig. 79.- Instalación de sistema eléctrico del vehículo y adaptación de tanque de combustible.....	125
Fig. 80.- Separador de flujo para líquido de frenos. ....	126
Fig. 81.- Mandos de acelerador y freno en el volante de dirección. ....	126
Fig. 82.- Transmisión armada. ....	127
Fig. 83.- Primera dirección montada. ....	127

## Índice de Ecuaciones.

Ecuación. 1. Peso del ocupante.....	55
Ecuación. 2. Peso del ocupante por nodo.....	56
Ecuación. 3. Peso de la silla de ruedas.....	58
Ecuación. 4. Peso del motor.....	58
Ecuación. 5. Cálculo del peso de la batería.....	58
Ecuación. 6. Transformación de volumen a masa.....	59
Ecuación. 7. Cálculo del peso del tanque de combustible.....	60
Ecuación. 8. Cálculo del peso del piso.....	60
Ecuación. 9. Cálculo de peso total de cargas muertas.....	61
Ecuación. 10. Cálculo de masa total de cargas muertas.....	62
Ecuación. 11. Cálculo de carga de frenado.....	63
Ecuación. 12. Cálculo de carga de frenado por nodo.....	63
Ecuación. 13. Cálculo de carga de aceleración.....	65
Ecuación. 14. Cálculo de carga de aceleración por nodo.....	65
Ecuación. 15. Cálculo de área frontal.....	67
Ecuación. 16. Cálculo de resistencia de aire frontal.....	67
Ecuación. 17. Cálculo de resistencia de aire frontal por nodo.....	67
Ecuación. 18. Cálculo de carga de impacto superior.....	68
Ecuación. 19. Cálculo de carga al impacto superior por nodo.....	69
Ecuación. 20. Cálculo de carga del impacto lateral.....	69
Ecuación. 21. Cálculo de carga del impacto lateral por nodo.....	70
Ecuación. 22. Cálculo de carga del impacto frontal.....	70
Ecuación. 23. Cálculo de carga del impacto frontal por nodo.....	71

Ecuación. 24. Cálculo de carga aplicada sobre el techo.....	71
Ecuación. 25. Cálculo de carga aplicada sobre el techo por nodo.....	71

## **CAPÍTULO I**

### **1. Problema de investigación**

#### **1.1. Antecedentes.**

Según (CONADIS, 2014) menciona que “En el Ecuador existen 592000 personas con discapacidad por deficiencia física”, en la actualidad el estado Ecuatoriano reconoce a esta población como grupo vulnerable, de atención prioritaria, con el propósito de mejorar sus condiciones de vida, se desarrolla programas de inclusión social.

Sin embargo, el transporte y la accesibilidad de este medio para personas discapacitadas son un problema al que se enfrenta todos los días, siendo el grupo más afectado los discapacitados que usan sillas de ruedas.

En el país no existe una empresa que construya un medio de transporte apropiado o adaptado para personas discapacitadas, que sea de fácil conducción tanto para personas de condiciones físicas normales como para personas discapacitadas que faciliten su movilidad cotidiana gozando de la garantía de sus derechos y la inclusión a la sociedad.

La construcción de un vehículo es una serie de pasos sistemáticos y de conocimientos prácticos como teóricos, esos conocimientos se los obtiene durante los años de estudio y se expone en la construcción del vehículo.

La Universidad Técnica del Norte con su carrera de “Ingeniería en Mantenimiento Automotriz” brinda a sus estudiantes la formación académica adecuada, porque es efectiva la construcción del proyecto materia de este tema, el cual es un trabajo práctico que es punto de referencia para el desarrollo de nuevas tecnologías o de investigación

para los futuros miembros de la carrera. También se puede mencionar que en ninguna universidad del Ecuador o del norte del país se ha construido un vehículo con características similares al del proyecto.

## **1.2. Planteamiento del problema**

Durante varios años y en la actualidad para una persona discapacitada física-motriz que haga uso de una silla de ruedas es un verdadero problema la movilidad externa que implique largas distancias, toda vez que los medios de transporte en nuestro entorno carecen del diseño y los habitáculos adecuados en sus unidades, impidiendo que se brinde el servicio a estas personas; discriminando así indirectamente al grupo social y violando un derecho constitucional que garantiza el buen vivir a toda la sociedad.

Por otro lado, la mayoría de este importante grupo social con limitaciones físicas no posee los recursos económicos suficientes para adquirir un vehículo que brinde la movilidad segura y confort, que además le dé la libertad de desplazarse para cumplir sus necesidades cotidianas.

Con los antecedentes expuestos es necesario el diseño y construcción de un vehículo monoplaza de bajo costo y de fácil conducción que supla la necesidad de movilidad de este grupo social; y que brinde la confianza necesaria del uso del mismo ya que por su versatilidad podrá desplazarse por las vías con agilidad y maniobrabilidad debida a su tamaño. Además de reducir costos por movilidad.

## **1.3. Formulación del problema**

¿Cómo diseñar y construir un vehículo monoplaza de bajo costo para personas con paraplejia?

## **1.4. Delimitación**

### **1.4.1. Temporal.**

Este proyecto se lleva a cabo desde el mes de Febrero de 2015 hasta Febrero de 2016.

### **1.4.2. Espacial**

El proyecto se realiza en la ciudad de Ibarra en las instalaciones de la mecánica G&D el cual se encuentra ubicado en la Av. Cristóbal de Troya y Manuel España. G&D, al ser un taller de motores de motocicletas cuenta con los materiales necesarios para la elaboración del proyecto.

## **1.5. Objetivo**

### **1.5.1. Objetivo general.**

Diseñar y construir un vehículo monoplaza de bajo costo para una persona con paraplejia.

### **1.5.2. Objetivos específicos.**

1. Elaborar un marco teórico sobre discapacidad paraplejia e investigar parámetros de diseño sobre construcción de vehículos para parapléjicos
2. Diseñar un prototipo por medio del programa de modelación Inventor.
3. Construir el chasis y montar los sistemas del vehículo,
4. Realizar pruebas de campo para observar el desempeño y funcionalidad del vehículo.

## **1.6. Justificación**

Este proyecto está dirigido a atender los requerimientos de personas con paraplejia pudiendo ser estos personales, laborales y de esparcimiento moderado al aire libre.

Imbabura es una provincia que cuenta con ambientes, estructuras y entornos amigables para las personas con discapacidad en espacios de movilidad como son: transito, señalización, símbolos gráficos y estacionamientos, por lo que no existe problemas para hacer uso del vehículo cumpliendo con las normas vigentes.

Este proyecto contribuye con el plan de gobierno del buen vivir porque favorece en la movilidad y reinserción a la sociedad para las personas con discapacidad y sus familias.

Además de ser un proyecto de baja inversión, ecológico con el medioambiente porque se utiliza materiales que son desechados como chatarra y al ser reutilizables es factible su construcción, también se puede mencionar que es un proyecto de desarrollo tecnológico que cubre con los requerimientos para la elaboración los mismos que son: investigación, desarrollo e innovación. Siendo la investigación la búsqueda de información y de conceptos que sirvan en el proceso de construcción, se considera un proyecto innovador porque en nuestro país no existen vehículos de esta clase, diseñados propiamente para personas con discapacidad.



## **CAPÍTULO II**

### **2. Marco Teórico**

#### **2.1. Paraplejia**

(Firpo, 2010). Dice que: “La paraplejia o paraplejía es una condición física en la cual la parte inferior del cuerpo queda paralizado y carece de funcionalidad. Normalmente, es resultado de un accidente, lesión medular o de una enfermedad congénita como la espina bífida”. (Pág. 90)

(Dr. Juan Fortune Haverbeck, 2002) Menciona que: “La paraplejia es una enfermedad donde la parte inferior del cuerpo especialmente las extremidades inferiores pierden movilidad ya sea de manera congénita o por algún tipo de lesión”. (Pág. 217)

#### **2.2. Tipos de lesiones.**

(Ramos, 2013) Define que: “Las lesiones son productos de golpes o deformaciones congénitas, dichas deformaciones producen obstrucciones o desgastes dentro de la médula o sistema nervioso como resultado existe la pérdida de sensibilidad física o pérdida total de la motricidad”. Siendo comunes las siguientes:

##### **2.2.1. Lesión de la médula espinal cervical C1-C8.**

(Ramos, 2013) Indica que: “Estas lesiones son frecuentes cuando por fracturas a nivel cervical ocasionando parálisis o debilidad en ambos brazos y piernas este tipo de discapacidad recibe el nombre de tetraplejia o cuadriplejia”. (Pág.45)

##### **2.2.2. Lesión de la médula espinal torácica T1-T12.**

(Ramos, 2013) Menciona que: “Las lesiones de nivel torácico no son comunes por la protección que brindan las costillas. Las lesiones torácicas pueden causar parálisis o debilidad de las piernas, junto con pérdida de la sensación física, disfunción intestinal y sexual. En la mayoría de los casos, los brazos y las manos no están afectados. En esta

zona la médula controla las señales hacia algunos músculos de la espalda y del abdomen”. (Pág. 45)

#### 2.2.3. Lesión de la médula lumbar L1-L5.

(Ramos, 2013) Expone que: “Las lesiones a nivel lumbar producen parálisis o debilidad de las piernas, puede haber pérdida de la sensación física, disfunción intestinal, vejiga y sexual. La médula controla las señales hacia las partes inferiores del abdomen y la espalda, los glúteos, algunas partes de los órganos sexuales externos y partes de las piernas”. (Pág. 45)

#### 2.2.4. Lesión de la médula sacra S1-S5.

(Ramos, 2013) Dice que: “Las lesiones a nivel sacro causan principalmente pérdida de la función intestinal y de la vejiga, así como disfunción sexual, estas causan debilidad o parálisis de caderas y piernas. Esta zona de la médula controla las señales hacia los muslos y las partes inferiores de las piernas, como los pies y la mayoría de órganos genitales externos”. (Pág. 45)

### **2.3. Capacidad motriz de una persona parapléjica**

Una persona con paraplejia está en capacidad de tener movimiento y control de la parte superior de su cuerpo que es: el tronco, y sus extremidades superiores, además del cuello y la cabeza siendo capaz de realizar actividades comunes y corrientes para estas partes y sentidos.

### **2.4. Incapacidad motriz de una persona parapléjica**

Es la limitación del movimiento principalmente en las extremidades inferiores, las causas pueden ser varias, las más comunes son: fractura de columna vertebral, heridas de la médula por bala, tumor vertebral o medular, cáncer vertebral, traumatismos u osteoporosis, los problemas que estas personas tienen son: fuerza reducida, alcance limitado, limitación de posturas y desplazamiento.

## 2.5. La población parapléjica en Ecuador

No existe una estadística exacta de las personas que sean mayores de edad y que tengan paraplejia, sabiendo que este grupo de personas es de menor cantidad dentro de la discapacidad física total.

A continuación se expone un registro de la discapacidad física en el Ecuador realizado por el MSP (Ministerio de Salud Pública).

**Tabla 1. Número de discapacitados por provincia.**

<b>Provincia</b>	<b>Discapacitados</b>
Azuay	15505
Bolívar	2289
Cañar	3289
Carchi	2244
Chimborazo	5759
Cotopaxi	4397
El Oro	8878
Esmeraldas	6016
Galápagos	145
Guayas	45648
Imbabura	4620
Loja	5641
Los Ríos	11130
Manabí	25485
Morona Santiago	2115
Napo	1771
Orellana	2405
Pastaza	1338
Pichincha	26124
Santa Elena	4821
Snto. Domingo de los Tsachilas	5669
Sucumbíos	2200

Tungurahua	4841
Zamora Chinchipe	1575
<b>Total</b>	193905

Fuente: (CONADIS, 2014)

De la tabla antes expuesta se deduce que en el Ecuador existen 193905 personas con algún tipo de discapacidad física incluyendo a menores de edad, adultos mayores y las provincias con mayor número de discapacidad son Guayas, Pichincha, Manabí y Azuay.

## 2.6. La población parapléjica en Imbabura

A continuación se expone un registro de la población de discapacitados por cada cantón dentro de la provincia de Imbabura.

**Tabla 2.- Número de discapacitados por cantón en la provincia de Imbabura.**

<b>Provincia Imbabura</b>	<b>Discapacidad Física</b>
Cantón Antonio Ante	458
Cantón Ibarra	2402
Cotachachi	408
Otavalo	974
Pimampiro	194
San Miguel de Urcuquí	184
<b>Total</b>	4620

Fuente: (CONADIS, 2014)

Del análisis de la tabla de discapacidad física en la provincia de Imbabura se concluyó que el total es de 4620 siendo Ibarra el cantón con mayor número de personas con algún tipo de discapacidad.

Si bien este proyecto se realiza para beneficiar a las personas que tienen paraplejia,

también beneficia a personas con algún tipo de discapacidad física como: parálisis y amputaciones de sus extremidades inferiores; etc. que hagan uso de silla de ruedas.

## **2.7. Marco jurídico de las personas discapacitadas.**

El principio de la sociedad moderna es la reinserción y respeto de los derechos de las personas y de la sociedad en general. En el cual la base de todo es suplir las necesidades públicas y privadas de los individuos, el objeto de esto es la formación de una sociedad igualitaria donde se elimine toda discriminación y exclusión.

En el año de 1992 se publicó la ley N° 180 la misma que trata de la igualdad de oportunidades, además del análisis de la situación de los discapacitados en el país, y las recomendaciones de organismos internacionales; dicha ley reposa en el registro oficial N° 996 de la “ley de discapacidades”.

## **2.8. Constitución y amparo a las leyes de los discapacitados.**

La constitución de la república en su apartado numero sexto declara los derechos de los que son beneficiados las personas con discapacidad.

### **2.8.1. Sección sexta.- Personas con discapacidad.**

Art. 47.- El estado garantizará políticas de prevención de las discapacidades y, de manera conjunta con la sociedad y la familia, procurará la equiparación de oportunidades para las personas con discapacidades y su integración social.

Entre los derechos que gozan las personas con discapacidad son:

1. La rehabilitación y la asistencia permanente, que incluirán las ayudas técnicas.
2. Rebajas en los servicios públicos y en servicios privados de transporte además de espectáculos.
3. Excepciones en el régimen tributario.

4. El trabajo en condiciones de igualdad de oportunidades, que fomente sus capacidades y potencialidades, a través de políticas que permitan su incorporación en entidades públicas y privadas
5. El acceso de manera adecuada a todos los bienes y servicios. Se eliminarán las barreras arquitectónicas.

Art. 48.- El estado adoptará a favor de las personas con discapacidad medidas que aseguren:

1. La inclusión social mediante planes y programas estatales y privados coordinados, que fomenten su participación política, social, cultural, educativa y económica.
2. La obtención de créditos y rebajas o exoneraciones tributarias que les permita iniciar y mantener actividades productivas, y la obtención de becas de estudio en todos los niveles de educación.
3. El desarrollo de programas y políticas dirigidas a fomentar su esparcimiento y descanso.
4. La garantía del pleno ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad. La ley sancionará el abandono de estas personas, y los actos de que incurran en cualquier forma de abuso, trato inhumano o degradante y discriminación por razón de la discapacidad.

Una vez que se investiga la ley de discapacitados se puede observar que la constitución de la República del Ecuador, y la misma ley, además de normas internacionales velan por la inclusión de personas que sufran discapacidades a todos los escenarios de la vida diaria.

## **2.9. Reglamento de importación de vehículos para personas con paraplejia.**

Los artículos más importantes de este reglamento son los siguientes:

Art. 88.- Importancia de vehículos ortopédicos y no ortopédicos.

Los vehículos ortopédicos y no ortopédicos, sean nuevos o hasta tres años de anteriores a la fecha de autorización a los que se refiere la ley sobre discapacitados, podrán ser importados y nacionalizados a consumo, cumpliendo con los requerimientos pertinentes de la ley orgánica de aduanas y su reglamento.

Los vehículos ortopédicos y no ortopédicos deberán reunir las condiciones técnico mecánicas de conducción, que permitan superar las deficiencias de las personas.

Los vehículos denominados ortopédicos pueden ser de dos tipos: vehículos automáticos sin embrague y aquellos vehículos que tienen elementos especiales, como mandos manuales, rampas, elevadores, que permitan la accesibilidad, circulación o conducción de las personas con discapacidad; en tanto que los vehículos no ortopédicos son aquellos de transmisión mecánica que requieren de la utilización de ambas piernas y de la coordinación con los miembros superiores para su conducción.

Art. 92.- Condiciones para el precio del vehículo.

El valor total del costo exfábrica de los vehículos ortopédicos o no ortopédicos que se importen amparados en la Ley y el presente Reglamento, no podrá ser mayor de veinticinco mil dólares americanos (USD \$25000) y podrá ser nuevo o de tres años anteriores al modelo de la fecha de autorización. En este caso que sobrepase el valor antes señalado, se requerirá el pago de los impuestos respectivos por la diferencia existente.

## **2.10. Licencia de conducir tipo “F” para personas con capacidades especiales.**

La licencia de conducir de categoría no profesional tipo F es para la conducción de automotores especiales, adaptados de acuerdo con la capacidad especial del conductor y es otorgada por la ANT (Agencia Nacional de Tránsito) luego de cumplir con los respectivos requisitos para la obtención de la licencia, este tipo de licencia faculta a la conducción de vehículos de hasta 3500 kg.

Art. 27.- Literal A, numeral 3, del Reglamento a la Ley Orgánica de Transporte Terrestre y Seguridad Vial, se citan los requerimientos que deberá cumplir una persona con discapacidad para acceder a la licencia de conducción tipo F.

Dentro del documento que regula la emisión de licencias de conducir tipo F es importante señalar que el usuario deberá traer un vehículo adaptado a su capacidad especial para la evaluación práctica de conducción.

### 2.11. Normativa para matricular vehículos.

Para la legalización y su posterior matricula de un vehículo construido, este debe ser sometido a una serie de pruebas y una revisión técnica las cuales se realiza en base a la normativa (Normalización, 2003), NTE INEN 2349. EL cual da parámetros de mediciones y rangos admisibles para los vehículos.

#### Banco de prueba de deriva dinámica.

Permite determinar cuantitativamente un posible deslizamiento lateral de los neumáticos directrices de un vehículo, este a su vez muestra el estado del sistema de dirección.

**Tabla 3.- Parámetros de pruebas para deriva dinámica.**

Parámetro	Requerimiento
Tipo	Automática, de placa metálica deslizante y empotrada al ras de piso
Rango mínimo de medición	De -15 a +15 m. Km <sup>-1</sup>
Velocidad aproximada de paso	4 km.h <sup>-1</sup>
Capacidad mínima portante	1500 Kg para vehículos livianos 8000 Kg para vehículos pesados
Valor de una división de escala	1 m.Km <sup>-1</sup>

Fuente: (Normalización, 2003)

#### Banco de prueba para suspensión.

Permite verificar el funcionamiento de la suspensión del vehículo mediante la determinación de variables tales como la amplitud de oscilación en resonancia, eficiencia. Etc.



**Tabla 4.- Parámetros de pruebas para suspensiones.**

<b>Parámetro</b>	<b>Requerimiento</b>
Tipo	De doble placa oscilante y empotrada a ras del piso, de amplitud y frecuencia de oscilación variables automáticas
Ancho de vía del vehículo	850 mm mínimo interno 2000 mm máximo externo
Capacidad portante mínima	1500 Kg por eje
Valor de una división de escala	1% en la eficiencia; 1mm en la amplitud

Fuente: (Normalización, 2003)

#### **Banco de pruebas para frenos.**

Este tipo de prueba determina las variables que existe en los sistemas frenos tales como la eficiencia de los frenos, desequilibrio del sistema de frenos, etc.

**Tabla 5.- Parámetros de pruebas para frenos.**

<b>Parámetro</b>	<b>Requerimiento</b>
Tipo de frenómetro	De rodillos con superficie antideslizante, empotrado a ras del piso y para la prueba de un eje por vez.
Coeficiente mínimo de fricción	0.8 en seco o en mojado
Carga mínima de absorción sobre rodillos	3000 Kg para vehículos livianos 7500 Kg para vehículos pesados
Valor de una división de escala	1% en eficiencia y desequilibrio; 0.1 daN en fuerza de frenado
Dispositivos de seguridad	Parada automática en caso de bloqueo de ruedas. Puesta a cero automático antes de cada prueba.

Fuente: (Normalización, 2003)

## **Revisión técnica vehicular**

Según (Normalización, 2003) dice que “Es un conjunto de procedimientos técnicos utilizados para determinar la aptitud de circulación de los vehículos motorizados terrestres o unidades de carga”, esta revisión consta de una inspección visual de los siguiente elementos.

- Verificación de autenticidad de la documentación habilitante sea este del motor y/o chasis, según corresponda.
- Verificar el número de placas del vehículo si este lo tuviera.
- Verificar el certificado de la revisión técnica vehicular.
- Se debe revisar la no existencia de aristas vivas o materiales sobresalientes a la carrocería.
- Comprobar la perfecta visibilidad del conductor del vehículo.
- Revisión de luces guías, freno, reversa, esta última no se revisara en los vehículos de menos de cuatro ruedas o prototipos de competencia.
- Correcto funcionamiento de elementos adaptados para la utilización de personas discapacitadas o de autoescuelas con modificaciones de mandos y/o elementos que afecten a la seguridad.

### **2.12. Productos de apoyo para personas con discapacidad.**

Se define como un vehículo o producto de apoyo a todo elemento, dispositivo o herramienta que facilite la realización de actividades de su vida diaria a personas con discapacidad, que no se podrían desempeñar sin la utilización de dichos artefactos.

(Accesible, 2012) La organización internacional de normalización dice que: “Los productos de apoyo son todos aquellos productos, instrumentos, equipos, o sistemas técnicos utilizados por una persona con discapacidad fabricados especialmente o

disponibles en el mercado, para prevenir, compensar, mitigar, o neutralizar una deficiencia, discapacidad o minusvalía”. (Pág. 20)

### **2.13. Clasificación de los vehículos de apoyo según la norma ISO 9999.**

De acuerdo a la norma ISO 9999 los vehículos de apoyo se clasifican en los siguientes:

- Producto de apoyo para tratamiento médico personalizado.
- Producto de apoyo para entrenamiento de la discapacidad.
- Ortesis y prótesis.
- Producto de apoyo para el cuidado y la protección personal.
- Producto de apoyo para la movilidad personal.
- Producto de apoyo para realizar actividades domésticas.
- Mobiliario y adaptaciones para viviendas y otros inmuebles.
- Productos de apoyo para la comunicación y la información.
- Producto de apoyo para la manipulación de objetos y dispositivos.
- Producto de apoyo para mejorar el medio ambiente, herramienta y maquinas.
- Producto de apoyo para el esparcimiento.

De acuerdo a la funcionalidad o por el proceso de fabricación se clasifican en:

- Productos de fabricación en serie.
- Productos adaptados al mecanismo original.
- Productos de fabricación bajo pedido.

### **2.14. Productos de apoyo para la movilidad personal para personas con paraplejia.**

De acuerdo a las normas ISO 9999 se expone la clasificación por medio de tres pares de dígitos, por medio de estos dígitos se clasifican en diferentes niveles.

El código debe ser leído de la siguiente manera:

El primer par de dígitos muestra la clase, el segundo una subclase y el tercero una división de la discapacidad.

Los títulos en el nivel de clase definen una zona de función, si están en una subclase definen una función especial, y si están en un nivel de división se refieren a productos particulares.

Por lo que queda de la siguiente manera, el código (AA BB CC) indica:

AA= nivel 1 con una clase general

BB= nivel 2 con una función especial

CC= nivel 3 muestra que es un producto particular

**Tabla 6.- Clasificación de los productos de apoyo para la movilidad de discapacitados.**

Código ISO			Producto de Apoyo
nivel 1	nivel 2	nivel 3	
12	10		Automóviles
			Automóviles con arrodillamiento (Chasis de altura ajustable)
12	10	3	Automóviles que permiten a las personas entrar y salir bajando el suelo
12	10	6	Automóviles de baja velocidad
12	12	9	Automóviles con techo elevado
12	12		Adaptaciones para automóviles
			Adaptaciones para automóviles para accionar el motor
			1.- Modificaciones del acelerador
			2.- Modificaciones del freno
			3.- Modificaciones del embrague
12	12	4	4.- Modificaciones de las marchas
12	12	5	Adaptaciones para automóviles para accionar el freno de mano
12	12	7	Adaptaciones para automóviles para accionar el sistema de dirección
12	12	8	Adaptaciones para automóviles para accionar funciones secundarias
12	12	9	Cinturones de seguridad y arneses para automóviles
			Asientos y almohadones para automóviles, especialmente diseñados
			1.- Asientos y cojines diseñados para ayudar a una persona a entrar y salir del automóvil
12	12	12	2.- Asientos de seguridad para niños y asientos deslizantes
			Grúas de personas para automóviles (excluyendo sillas de ruedas)
12	12	15	1.- Dispositivos fijados al automóvil para elevar a una persona al interior o exterior del auto
			Grúas para subir al automóvil a una persona sentada en una silla de ruedas
12	12	18	1.- Dispositivos para ayudar a una persona en silla de ruedas a entrar y salir del automóvil
12	12	21	Productos de apoyo para colocar la silla de ruedas sobre o dentro del automóvil
12	12	24	Equipo para sujetar una silla de ruedas en un coche

Fuente: (Accesible, 2012)

## 2.15. Componentes del vehículo.

### 2.15.1. Carrocería.

Se define como carrocería a la parte que va asentada sobre el bastidor de los vehículos automotrices o ferroviarios, además este elemento cubre y protege al motor y a los demás sistemas automotrices, también es en donde se aloja el ocupante o piloto.

La carrocería de los vehículos puede ser fabricada en materiales como aceros, aluminios o plásticos asiéndolos más livianos pero con limitaciones en la seguridad de los ocupantes.

La carrocería del vehículo se construye con un material liviano como es el aluminio. El cual es fácil de moldear.



Fig. 1. Carrocería en general.

Fuente: Los Autores.

### 2.15.2. Chasis.

El chasis se puede definir como un soporte interno, donde van sujetos los sistemas para el funcionamiento del vehículo. El bastidor como también es llamado, está constituido por perfiles metálicos que están destinados a formar un solo armazón que soporte la estructura superior del vehículo, no obstante, también debe ser ligero, resistente y estable para la comodidad en la conducción.

Para la construcción del vehículo se basa en el tipo de chasis tubular súper ligero, este tipo de chasis es comúnmente usado en vehículos de alto desempeño como los de carreras o especiales, está constituido principalmente por un armazón de tubos de acero soldados entre sí, esto hace que tenga una gran rigidez y resistencia con un peso menor a los de fábrica.

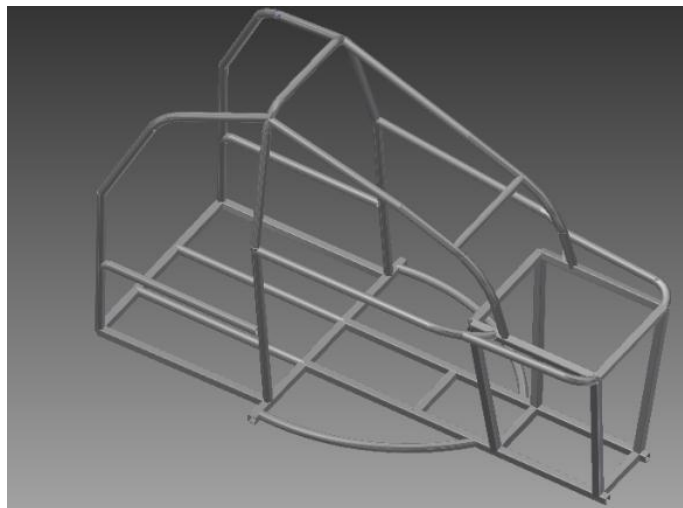


Fig. 2. Chasis tubular.

Fuente: Los Autores.

### 2.15.3. Suspensión del vehículo.

La suspensión delantera es independiente de mesa simple, formada por el conjunto muelle amortiguador el cual se ancla al triángulo inferior (mesa) en su parte media y al chasis por medio de bases construidas en ambas partes.

El triángulo o mesa de la suspensión gira por medio de ejes cruzados en las bases hechas al chasis, mientras que el amortiguador, al actuar en un plano inclinado va anclado a la mesa y al chasis por silentblocks que permiten esa desalineación.

Se ubica las mesas en sentido paralelo permitiendo que al momento de la conducción los neumáticos tengan un correcto giro, y también ayuda a mantener una estabilidad en la dirección.



Fig. 3. Mesas de suspensión.

Fuente: Los Autores.



La suspensión trasera al igual que la delantera es independiente de brazos tirados, pivotantes o arrastrados. Las cuales están dispuestas longitudinalmente y van unidas al bastidor mientras que por el otro extremo tienen que sujetar los ejes de los neumáticos. Consta de amortiguadores neumático con muelles regulables. Este tipo de suspensión de brazo longitudinales pivotan sobre un eje de giro perpendicular al bastidor, y apenas produce variaciones en la conducción siendo imperceptible los cambios de superficie

Los brazos están sujetos al bastidor por medio de ejes a través de bases sobresalientes del chasis, estos ejes permiten que el brazo tenga su giro y permita la acción, mientras que los amortiguadores van igualmente fijados por medio de bases que sobresalen de la estructura del bastidor y en la parte inferior de la jaula de seguridad; a su vez las manzanas de los neumáticos van sujetas a otro extremo.



Fig. 4. Brazos de suspensión trasera.

Fuente: Los Autores.

#### **2.15.4. Sistema de frenos.**

(Paz, 1965) Dice que: “Un freno es un mecanismo utilizado para detener o disminuir la velocidad de algún cuerpo que se mantiene en movimiento, los frenos también pueden ser

considerados como transformadores de energía, por lo que pueden ser considerados unas máquinas ya que transforman la energía cinética de un cuerpo en calor o trabajo y en ese sentido pueden ser extractores de energía”.

De acuerdo con las características del vehículo se decide usar los dos mecanismos de frenado existente, para conseguir el mínimo de desaceleración. Por lo tanto el sistema de frenos está compuesto por:

- a) Sistema de frenos mecánicos en los neumáticos delanteros por que el esfuerzo es mínimo.
- b) Sistema de frenos hidráulicos en los neumáticos posteriores ya que es aquí donde el frenado debe ser exacto.

Al ser un vehículo para personas con limitaciones físicas los mandos y pedales que tienen los vehículos tienen que pasar a sectores donde es fácil la manipulación; en el caso de los frenos se ubica los mandos en el volante donde se controla tanto el frenado de los neumáticos posteriores como el de los delanteros. Los componentes del sistema de frenos son los siguientes elementos.

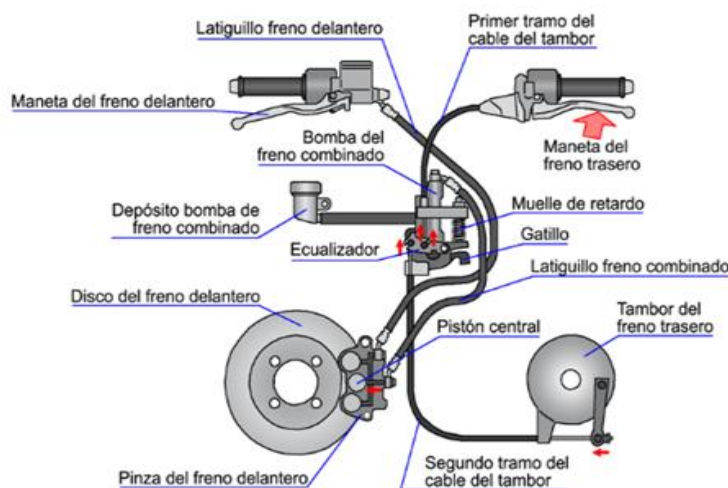


Fig. 5. Componentes del freno de una motocicleta.

Fuente: (Cuadra, 2014)

**Manigueta de freno:** Manigueta o maneta es el elemento encargado de transmitir de forma similar al pedal de freno en vehículos normales la fuerza del ocupante hacia el sistema de freno reduciendo la fuerza que se requiere para accionar dicho sistema.



Fig. 6. Manigueta doble acción de cuadrón.

Fuente: Los Autores.

**Bomba de freno:** Es la encargada de crear la fuerza dentro del sistema para que los elementos de fricción frenen al vehículo convenientemente, al hacer presión en la manigueta de frenado, desplazando los elementos interiores de la bomba, generando la fuerza requerida para frenar al vehículo.

Básicamente, la bomba es un cilindro con diversas aperturas donde se desplaza un embolo en su interior, provisto de un sistema de estanqueidad y un sistema de oposición al movimiento, de tal manera que, cuando cese el esfuerzo, retornen a su posición original de reposo.

Los elementos interiores son los encargados de admitir y expulsar fuera de la cámara de la bomba el líquido hidráulico que genera la presión.



Fig. 7. Bomba de freno.

Fuente: Los Autores.

**Cable de freno:** Tiene el mismo principio de transmitir la fuerza generada por el ocupante pero de manera mecánica. En este caso la presión que se debe aplicar es un poco mayor a la que se aplica a la bomba de freno.



Fig. 8. Cables de freno.

Fuente: (moto, 2015)

**Fundas de freno:** Son las encargadas de recubrir a los cables que transmiten la fuerza. Además son elementos de protección de los cables impidiendo que estos se corroan por el ambiente o sufran daños por factores externos.



Fig. 9. Cable completo con funda.

Fuente: Los Autores.

**Cañerías o canalizaciones:** Estas cañerías se encargan de llevar la presión generada por la bomba a los receptores, son cañerías metálicas que se hacen flexibles cuando pasan del bastidor a los elementos receptores de presión (mordazas).

A las cañerías también se las puede denominar latiguillos en las partes flexibles o en el caso de las motocicletas al ser todo flexible y absorber las oscilaciones de la suspensión. Se consigue la estanqueidad y ajuste de las tuberías por medio de conos o de arandelas deformables como son las de aluminio o las de cobre.

El conjunto de cañerías se ubica de la siguiente manera: la manguera que sale de la bomba ubicada en el manubrio de dirección es conducida por el cuello de la dirección hasta la base, luego sigue por debajo del chasis hasta el separador; donde redirige con mangueras independientes el fluido a las mordazas tanto derecha como izquierda de los neumáticos posteriores.



Fig. 10. Cañerías de freno.

Fuente: (Frenos, 2015)

#### **2.15.5. Tipos de frenos.**

Actualmente en la industria automovilística se utiliza dos tipos de sistemas de frenos como son: frenos de presión externa o frenos de disco y los frenos de cintas o expansión interna también llamados frenos de tambor. Todos los elementos de cualquiera de los dos sistemas que intervienen para el frenado, dicho esto el sistema de frenos se encuentra formando parte del vehículo, a excepción de los elementos solidarios los que intervienen al ser instalados por medio de pernos o anclajes para que cumplan sus funciones.

#### **Frenos de tambor.**

Los frenos de tambor se caracterizan por:

- Mayor superficie de frenado.
- No tienen la suficiente refrigeración.
- Constan de varios elementos para su funcionamiento.

Este tipo de freno se utiliza comúnmente en los neumáticos posteriores de los vehículos, ya que tienen una gran superficie de frenado pero disipan mal el calor generado por la fricción por lo que pueden recalentar. En la concepción del proyecto los frenos de tambor se instalan en los neumáticos delanteras.

Los frenos de tambor están constituidos por los siguientes elementos:

- Tambor.
- Plato porta zapatas estas rozan con el tambor.
- Sistema de expansion.
- Resortes de recuperación.



Fig. 11. Freno de tambor.

Fuente: Los Autores.

### **Frenos de disco.**

Los frenos de disco presentan las siguientes características:

- Buen disipamiento de calor
- Fácil mantenimiento y montaje.

- Mayor eficiencia en el frenado.

Este sistema al ser más eficiente que el de tambor se utiliza generalmente en los neumáticos delanteros de los vehículos y también en algunos casos en los posteriores. En el caso del proyecto por la eficiencia de este sistema se instala en la parte posterior para mayor frenado. Está compuesto por:

- Disco de frenado puede ser fijo o flotante
- Mordaza de freno, este elemento aloja en su interior el actuador hidráulico o pistón y sujetas las pastillas de freno.



Fig. 12. Freno de disco.

Fuente: (Libre, 2015)

#### **2.15.6. Sistema de Dirección.**

La dirección es el conjunto de elementos los cuales intervienen para orientar las ruedas directrices de un vehículo a voluntad del ocupante. Para reducir el esfuerzo que debe aplicar el ocupante en las ruedas directrices los vehículos actuales disponen de des-



multiplicadores en casos simples es decir en vehículos antiguos, o servomecanismos en vehículos actuales.

### **Características de la dirección.**

La dirección es un sistema importante para el funcionamiento y seguridad del ocupante debe tener ciertos parámetros de seguridad y comodidad necesarios en la conducción.

Características que son:

- **Fiabilidad:** los mecanismos deben ser elaborados con materiales de primera.
- **Suavidad:** se consigue con un montaje exacto y un engrase adecuado
- **Dureza:** esto al momento de la conducción es muy desagradable y fastidioso puede producirse por la mala alineación de los neumáticos.
- **Precisión:** se consigue dejando la dirección en el punto de equilibrio entre rígido y suave, esto ayuda con el confort y en la conducción del vehículo, ya que si la dirección es dura la conducción se vuelve fatigosa, mientras que si la dirección es suave no se siente y la trayectoria es imprecisa. Las causas pueden ser las siguientes:

- 1.-Excesivo juego en los elementos.
- 2.-Por alabeo de las ruedas.
- 3.-Desgaste desigual de los neumáticos.
- 4.-Desbalanceo de los neumáticos.
- 5.-Incorrecta presión de aire dentro de los neumáticos.

- **Irreversibilidad:** el volante debe mandar el giro para que las oscilaciones no se transmitan al volante.

- Por último los neumáticos al dar un giro, el neumático del extremo va dar un recorrida más largo por ser mayor su radio de giro. La orientación que debe darse a cada una también debe ser distinta; la del extremo se debe abrir más para que ambas sigan la trayectoria deseada, para que en cualquier momento de su orientación sigan trayectorias curvas con un mismo centro (concéntricas), situado en la prolongación de los neumáticos traseros. Para conseguir esto se dispone que los brazos de acoplamiento que mandan la orientación de las ruedas, de manera que la posición en línea recta, sus prolongaciones se corten en el centro del puente trasero o muy cerca de este.

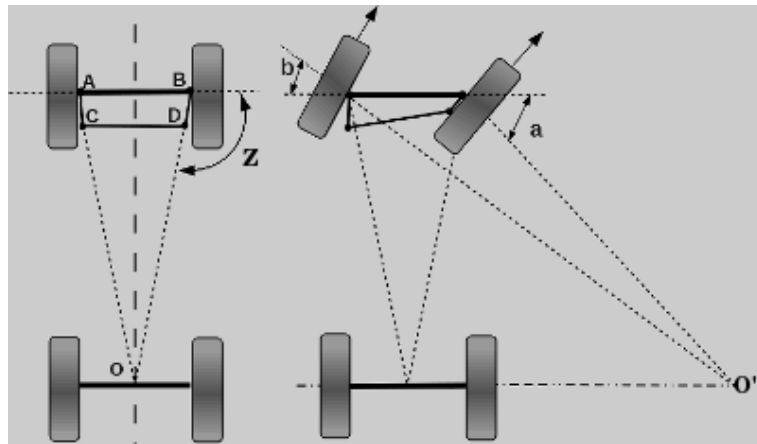


Fig. 13.Ángulo de dirección.

Fuente: (Cabellero, 2015)

### Componentes de la dirección.

#### Volante.

Es el mando con el cual el ocupante del vehículo dirige a este, en el caso del proyecto es un manubrio de motocicleta por ser fácil la maniobrabilidad que se requiere para conducir el vehículo.



Fig. 14. Volante de motocicleta.

Fuente: Los Autores.

### **Barra de dirección.**

Une al volante con la caja de dirección. Antiguamente era un solo cuerpo pero en la actualidad es formada por crucetas y bridas para brindar más seguridad al ocupante.



Fig. 15. Columna de dirección con cruceta.

Fuente: Los Autores.

**Varilla central.**

Recibe el movimiento de la caja y lo transmite a los terminales de la dirección.



Fig. 16. Varilla de dirección.

Fuente: Los Autores.

**Terminales de la dirección.**

Son las uniones tipo rotula que unen los neumáticos con la dirección estas poseen un grado de elasticidad para absorber ciertas imperfecciones de la superficie.



Fig. 17. Rotulas de dirección.

Fuente: Los Autores.

**Columna de dirección.**

Está formada por crucetas o por una junta cardan, que permite desplazar el volante a la posición adecuada de manejo. En caso de un impacto estas uniones pueden ceder y partirse evitando así que el volante se incruste en el pecho del conductor.

**Factores para tener una buena dirección.****Estabilidad.**

Es cuando el vehículo tiene la capacidad de mantener la trayectoria puesta por el conductor esta debe mantenerse en curva como en línea recta. Esta cualidad depende de la suspensión, alineación y balanceo de los neumáticos; además de la superficie por donde va a circular. Teniendo en cuenta estas variables nos ayudan a evitar el tener que hacer cambios frecuentes y bruscos a la velocidad. Esto se debe tener en cuenta para poder calcular la distancia de frenado y la dosificación de aceleración para maniobrar sin problemas.

**Fuerza centrífuga.**

Cuando un vehículo se mueve con una velocidad  $X$  y toma una curva la fuerza que tiende a sacarlo por la parte externa se denomina fuerza centrífuga, esta fuerza es mayor cuando la curva es más cerrada, la velocidad es mayor o el vehículo tiene un peso mayor.

**Factor subvirante.**

Es la respuesta que tiene el vehículo al enfrentar una curva con velocidad, cuando tiende a irse de trompa debido a que el ángulo de deriva de los neumáticos delanteros es mayor al tener una fuerza centrífuga elevada, tomando una trayectoria más recta, las ruedas

delanteras son exteriores con respecto a las posteriores, viéndose forzado el conductor a virar para corregir la trayectoria. Esta cualidad se presenta más en vehículos de tracción delantera.

### **Factor sobrevirante.**

Es la actitud que tiene un vehículo al enfrentar una curva en velocidad, tendiendo a irse de cola debido a que el ángulo de deriva de los neumáticos posteriores es mayor, toma una trayectoria más cerrada y es necesario volver a maniobrar, soltar el acelerador y acelerar para evitar el trompo.

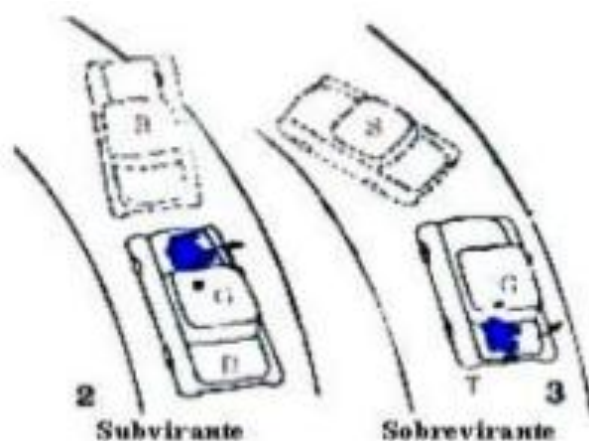


Fig. 18. Factor subvirante y sobrevirante.

Fuente: (Fajardo, 2015)

### **Neutro.**

Es la actitud que tiene un vehículo al hacer imperceptible una curva con velocidad, al no transmitir sensación alguna la respuesta es impredecible hasta presentarse un desequilibrio en los ángulos de deriva frontales o posteriores. Para retomar el estado neutro se debe dejar levemente subvirante basta aflojar un poco el acelerador para que se recupere la estabilidad.

**Contra-viraje.**

También llamado contra manubrio es un golpe de viraje o volantazo. Esta maniobra se realiza en ultimo caso cuando el derrape de la parte posterior tiene un efecto de incremento del ángulo de viraje, el ocupante debe contrarrestarlo girando el manubrio en sentido contrario al del giro. Esta maniobra requiere de habilidad y se debe realizar como último recurso ya que debe ser aplicada en el momento preciso y de un modo no tan brusco. Evitando que el vehículo se desequilibre. Esta condición es mas en las llantas posteriores por que el esfuerzo de tracción reduce el valor de adherencia transversal disponible en estas. Este fenómeno se puede presentar en la llantas delanteras haciendo que estas tiendan a ir en línea recta obligando al conductor a virar más, explicando este fenómeno es porque la fuerza de tracción de las ruedas delanteras normalmente es menor a la adherencia transversal sobre estas.

**2.15.7. Sistema eléctrico del vehículo.**

Actualmente la tecnología hace que los vehículos tengan sistemas eléctricos más complejos, soportando cada vez iluminaciones de alto rendimiento. Asiendo que vehículos individuales como motocicletas tengan todos los accesorios que solo se pensaría que son solo para autos.

Es por eso que requiere la presencia de un sistema eléctrico para brindar seguridad y para el buen funcionamiento del vehículo, dicho sistema está compuesto por:

**Batería.**

Es la que suministra de energía eléctrica a través de un proceso químico producido por las placas que tiene en su interior dicha reacción química es resultado de la estimulación de

electrolitos por medio de agua destilada y ácido sulfúrico, esta batería proporciona el voltaje requerido para cubrir las demandas del vehículo cuando está parado.

La batería requiere de un mantenimiento para que su carga sea constante y la vida de uso de la misma sea prolongada, a continuación se muestra el mantenimiento que requiere la batería.

- Se debe controlar siempre el nivel de agua destilada controlar el voltaje y cuando este seca la batería aumentar agua destilada nunca ácido sulfúrico.
- Conservar limpias las sulfataciones que se presentan en los bornes protegiéndolos con grasa blanca o vaselina.

### **Partes de la batería.**

Los elementos que componen la batería son:

- Depósito
- Placas
- Separadores
- Electrolitos
- Conexiones

### **Iluminación, direccionales y focos de seguridad.**

La iluminación de los vehículos está compuesta por un conjunto de luces, y su aplicación está regulada por la ley de tránsito, circulación de vehículos a motor y seguridad vial, cuya misión es ver, ser visto y la de hacer notar la presencia del vehículo además de advertir las posible maniobras que se van a realizar. Los elementos que componen un sistema de iluminación son los siguientes:



**Faros.**

Los faros están formados en su parte interior por una parábola cóncava con un espacio para una lámpara y un lente óptico convergente, el mismo que es recubierto por su exterior por un anticorrosivo y en su interior lleva una capa aluminada con brillo, la parábola está cerrada por un vidrio óptico tallado con prisma que cumple la función de proteger y a la vez de conseguir el haz luminoso.

**Luces direccionales.**

Estas luces se debe accionar antes de realizar alguna maniobra para prevenir a los otros conductores de los futuros movimientos del ocupante. Estas luces son activadas por controles ubicados a los lados del volante o por switchs pequeños junto a las manijas o mandos de luces en el caso de las motocicletas.

**Claxon.**

Es un instrumento sonoro que tienen todos los vehículos, emite un sonido fuerte el cual previene a otros conductores o personas de la presencia de alguien conduciendo.

**Luces Pilotos**

También se tiene los indicadores de seguridad en el tablero del vehículo, esto muestra al conductor la información solo con mirar sin distraer la atención de la conducción existen varios indicadores y pueden ser: de aguja, luces testigo o avisadores acústicos de acuerdo al control que se realice.

### **2.15.8. Cuadro de instrumentos.**

El tablero está diseñado para mostrar toda la información de los dispositivos que tiene el vehículo y se encuentra compuesto por los siguientes elementos:

#### **Tacómetro.**

Es un dispositivo que muestra la velocidad o datos del motor por medio de los giros del eje, comúnmente es la velocidad del giro del motor siendo esta medida en revoluciones por minuto (RPM). Con el avance de la tecnología es común ver el uso de tacómetros digitales los cuales son más precisos que los análogos.

#### **Medidor de combustible.**

Este indicador se usa para dar a conocer en todo momento la cantidad de combustible que existe dentro del depósito, está formado por dos elementos: el manómetro que va a la vista del conductor y de una boya que va sumergida en el depósito de combustible el cual envía una señal de voltaje al manómetro indicando la cantidad de combustible.

Los indicadores que se tiene actualmente en los vehículos son medidores electrónicos en los que los indicadores de aguja van conectados a una unidad electrónica integral en el panel de instrumentos y esta recibe la información de la bomba de combustible sumergida en el depósito. Los indicadores de aguja y lámpara reciben señal desde el momento del contacto.

El reóstato se conecta a la unidad electrónica a la que envía la señal correspondiente de nivel de combustible que determina la desviación de la aguja y el encendido de la luz de reserva cuando el nivel de combustible desciende por debajo de un determinado valor.

### **Indicador de carga de la batería.**

Es un dispositivo que muestra la carga de la batería y así se puede ver si existe la potencia necesaria para encender el motor del vehículo y también para ver si es que esta establece el voltaje de la misma.



Fig. 19. Tacómetro Completo.

Fuente: Los Autores.

### **Botonería.**

Se establece en el volante el botón de arranque y para un fácil manejo los mandos de luces van cerca de las maniguetas ubicadas en el mismo volante, se ubican aquí para que sea fácil el manejo de los dispositivos de luces.

### **2.14.8. Sistema eléctrico del motor.**

El sistema eléctrico del motor es encargado de romper la inercia del vehículo y de alimentar de corriente a todos los sistemas del automóvil.

**Sistema de arranque.**

Es un motor eléctrico el cual se encarga de romper la inercia de un motor a combustión con la incorporación de un motor de arranque se superaron las incomodidades y la peligrosa maniobra de arrancar un motor. Actualmente todos los vehículos poseen un motor de arranque. El sistema de arranque consta de batería, interruptor o pulsador de arranque, conmutador y motor

**Motor de arranque.**

Cuando el motor está parado se acciona el interruptor de arranque la corriente circula de la batería hacia el solenoide y hacia el mismo motor de arranque. El solenoide desplaza el inducido del motor el cual tiene un engranaje que acopla a la posición del engrane del extremo del cigüeñal con lo que consigue arrastrar al cigüeñal con la fuerza necesaria para alcanzar los 50 revoluciones por minuto para su puesta en marcha. Este motor es accionado temporalmente por el interruptor el cual envía y corta el voltaje el tiempo necesario para encender el motor.

Generalmente los motores de arranque son conectados en serie y generan una corriente continua. Normalmente son de cuatro polos magnéticos y entrehierro tiene de 2.5 a 5 décimas de milímetro los cuales accionan el motor de arranque.



Fig. 20. Motor de arranque.

Fuente: Los Autores.

### **Regulador de voltaje.**

Mantiene en un rango equilibrado la tensión e intensidad generada por la coronilla o bobinas para que alcance un valor adecuado y constante, es por eso que se emplea este mecanismo, esto por parte de los motores de motocicletas mientras que el alternador carece de regulador de intensidad.



Fig. 21. Rectificador y regulador de voltaje.

Fuente: Los Autores.

### **Sistema de encendido.**

Es el conjunto de elementos los cuales intervienen para generar la explosión de la mezcla dentro de la cámara de combustión, dichos elementos producen una chispa en el electrodo de la bujía el cual enciende instantáneamente la mezcla (aire-combustible), teniendo en cuenta otros factores como son el autoencendido y detonaciones. El sistema de encendido está formado por delco y la batería, aunque los vehículos necesitan de un alternador, además dentro de este sistema se puede encontrar bobinas, cables de alta, interruptor y bujías. Siendo las bobinas elementos básicos para el funcionamiento de este sistema.

### **Bobinas.**

Son elementos los cuales transforman la energía de baja enviada por la batería en corriente de alta para que las bujías puedan generar el chispazo requerido para encender la mezcla, dicha transformación es producida por un campo magnético en un núcleo de hierro dulce cuando por el arrollamiento hace circular corriente esta induce otro arrollamiento el cual eleva la tensión de acuerdo al número de espirales. Debido a esta variación la bobina es considerada un transformador de tensión.



Fig. 22. Coronilla o bobinas.

Fuente: Los Autores.

### **Bujías.**

Es el elemento que genera la chispa para encender la mezcla que se encuentra en la cámara de combustión la bujía puede trabajar con un rango de voltaje de 12000 a 30000 V.

La bujía es importante en todos los motores que funcionen por medio del ciclo Otto, pudiendo ser estas 2t o 4t, mientras que en motores de expansión o motores diesel no existe la presencia de este tipo de elemento.



Fig. 23. Bujía.

Fuente: Los Autores.

## 2.16. Inventor Autodesk

Inventor es un software de CAD 3D el cual ofrece un conjunto de herramientas profesionales para el diseño, documentación y simulación de elementos mecánicos en forma 3D. Este software es desarrollado por Autodesk y posee características similares a Solidword su competencia, los cuales son modeladores de sólidos paramétricos, Inventor es un programa que fue lanzado al mercado en 1999, años después del programa antes mencionado, siendo agregado como uno más de la serie de diseño de Autodesk compitiendo con empresas de la misma Solidword, pro/ENGINEER, CATIA y Solid Enge.

Inventor se basa en modelación paramétrica. Esto quiere decir que los ocupantes empiezan diseñando elementos que pueden combinarse en ensambles. Inventor está encaminado a la producción o mejoramiento de elementos de ingeniería. Se puede mencionar que al ser un modelador paramétrico moldea la geometría, dimensiones y el material en el cual se va a trabajar.

Autodesk es una empresa con la misión de ser la mayor productora de programas de diseño 2D o 3D, fue fundada en el año de 1982 por John Walker y otros doce cofundadores siendo su sede actual San Rafael (California). En el año de 1982 fue lanzado su primer programa de diseño Autocad un modelador 2D que actualmente es un referente en el mundo del diseño.

Con el programa inventor se trabaja con factores fundamentales en el diseño de elementos o sistemas mecánicos como son:

- Tensión de Von Mises
- Deformación
- Factor de seguridad

### **2.17. Tensión de Von Mises.**

(Mises, 2015) Dice que: “Es una magnitud física proporcional a la energía de distorsión. En ingeniería estructural se usa en el contexto de las teorías de falla como indicador de un buen diseño para materiales dúctiles”.

El criterio de deformación de Von Mises se debe al nombre de Richard Edler Von Mises (1913) el cual planteó que todo material dúctil sufre falla cuando su valor de distorsión elástica es elevado. Siendo este criterio similar al de Maxeell en el año de 1985 y por el de Huber en 1904.

La tensión de Von Mises puede calcularse a partir de las tensiones principales concentradas en un solo punto de un sólido deformable.

### **2.18. Deformación.**

(Vida, 2013) Dice que: “La energía de deformación es el aumento de energía interna acumulada en el interior de un sólido deformable, como resultado del trabajo realizado por las fuerzas que provocan la deformación”.



La energía de deformación es igual al trabajo realizado por una carga, la cual se incrementa lentamente aplicada a un elemento.

### **2.19. Factor de seguridad.**

También llamado coeficiente de seguridad es el resultado calculado entre la capacidad máxima de resistencia de un sistema y el valor real requerido al que se verá sometido. Siendo calculado de dos maneras:

**Coeficiente de mayoración:** Este valor resulta de la multiplicación de las fuerzas que actúan por un coeficiente mayor a uno, en este caso se calcula como si el sistema solicitado fuera de mayor medida a comparación del real.

**Coeficiente de minoración.** Esto resulta de la división de las propiedades favorables del material por un coeficiente mayor a uno, en este caso se calcula suponiendo que el material usado es peor al material usado realmente.

En los dos cálculos anteriores el resultado es el mismo un sobredimensionamiento, justificándolo por posibles desgastes, posibles errores, diferencias entre los valores obtenidos en los cálculos, falla de fábrica, mal montaje de los elementos, etc.

Los factores de seguridad generalmente son calculados de la experiencia empírica o práctica, por lo que son tabulados en el texto.

Dependiendo del diseñador. el uso, servicio o posición al que va a estar expuesto el material.

## **2.20. Soldadura.**

La soldadura es un proceso en el cual se realiza la unión de dos materiales metálicos o termoplásticos a través de la fusión, las cuales por efecto de la temperatura y un material de relleno son unidas y compactadas por los puntos en donde es aplicada.

Pueden ser varias las fuentes de energía que son aplicadas en los diferentes procesos de suelda como son: llama de gas, arco eléctrico, laser, rayo de electrones, proceso ultrasónico. Comúnmente el proceso más usado para unir materiales metálicos es el de arco eléctrico, mientras que para unir dos materiales termoplásticos es el de gas caliente.

La suelda es un proceso el cual se puede realizar en condiciones de aire libre hasta debajo del agua no importa el espacio ni la localización, este proceso debe ser efectuado con sus respectivas normas de seguridad para prevenir lesiones o accidentes de gravedad.

El proceso de suelda se puede considerar como un sistemas ya que intervienen sus propios componentes, mano de obra, material, herramienta, entorno de trabajo, guías y planes de trabajo.

### **2.20.1. Soldadura eléctrica o arco eléctrico.**

Se usa como fuente de energía la electricidad para crear y mantener un arco eléctrico entre el material de relleno o electrodo el cual se funde al material base derritiéndolo y uniendo los puntos donde es aplicado el proceso antes mencionado. La corriente usada en este proceso puede ser corriente continua o alterna.



Fig. 24. Soldadura por arco eléctrico.

Fuente: Los Autores.

A continuación se muestra algunas de las características de la suelda usada:

**Tabla 7.- Datos de la suelda usada.**

<b>Modelo</b>	BP / TR-250
<b>Corriente de alimentación (V)</b>	110 / 220
<b>Corriente máxima de soldadura (A)</b>	250
<b>Corriente / Factor de trabajo (A/%)</b>	250/20
<b>Peso del equipo (Kg)</b>	24
<b>Dimensiones (mm)</b>	380x175x285

Fuente: (Pack, 2015)

En la siguiente tabla se muestra las características de los electrodos aplicados.

**Tabla 8.- Características de los electrodos 6011 - 6013.**

<b>Marca</b>	SMAW
<b>Tipo de Electrodo</b>	6011 - 6013
<b>Aplicación</b>	Electrodo de alta penetración y de fácil remoción.
<b>Tipo de corriente</b>	Funcionamiento con AC/DC electrodo negativo (polaridad directa).
<b>Resistencia a la tensión</b>	74000 Lb/pulg <sup>2</sup> .

Fuente: (CETI, 2015)

De igual manera a continuación se muestra el rango de amperaje con el que se trabaja usando los electrodos seleccionados.

**Tabla 9.- Diámetros y amperajes de los electrodos.**

<b>3/32" (2.4mm)</b>	50 – 90 Amperios
<b>1/8" (3.2mm)</b>	90 – 130 Amperios
<b>5/32" (4.0mm)</b>	120 – 160 Amperios
<b>3/16" (4.8mm)</b>	150 – 190 Amperios

Fuente: (CETI, 2015)



Fig. 25. Suelta Eléctrica.

Fuente: Los Autores.

## **2.21. Preparación del material.**

Existen diferentes formas de preparar al material para una suelta de las cuales se ha tomado las siguientes:

- Junta de extremo

- Junta de regazo
- Junta de esquina
- Junta de borde
- Junta tipo T

Además también existen variaciones de las juntas antes mencionadas y estas pueden ser:

- Junta solo U y doble U
- Junta solo V y doble V

La soldadura es llamada también zona de fusión y depende de las propiedades del material base y del material de relleno. La zona rodeada que es afectada por el calor es la zona donde frecuentemente se ubica el área más débil que el material base o la zona de fusión, además aquí se encuentran las tensiones residuales.

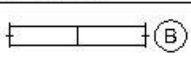


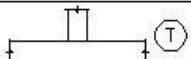





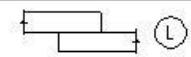







TIPOS DE UNIONES		TIPOS DE SOLDADURA	
		SENCILLA	DOBLE
EMPALMADA			
TE			
ESQUINA			
SUPERPUESTA			
BORDE			
			

Fig. 26. Tipos de empalmes y de soldadura.

Fuente: (Hans Appold, 1984)

### **2.22. Calidad.**

Es la medida con la que es juzgada la soldadura y su fortaleza, además de la fortaleza del material alrededor de ella. Existen factores que influyen en dicha calidad como pueden ser la precisión, material de relleno, concentración de calor, empalme, entre otros factores.

Es por esto que existen métodos para probar dicha fortaleza pudiendo ser estos destructivos o no destructivos.

### **2.23. Soldabilidad.**

Es la propiedad que tienen los materiales metálicos para ser unidos por medio de una fundición, es por esto que la calidad depende de la combinación de estos. No todos los metales aceptan el material de relleno por lo que la calidad es mala. Para esto influye la calidad y el material del que está elaborado el material de relleno.

### **2.24. Acero.**

El acero tiene la propiedad de soldabilidad inversa a la templabilidad que mide probabilidad de formación de martensita durante un proceso de suelda a temperatura. La templabilidad del acero depende de la composición química del material, con mayor presencia de carbono es mayor la templabilidad y por lo tanto una soldabilidad menor.

Aceros inoxidables son denominados así por la alta presencia de cromo, es por esto que se comportan de manera diferente a los otros aceros ante el proceso de suelda. Ya que los aceros inoxidables responden mejor a la suelda pero son susceptibles a deformaciones por su coeficiente de expansión.

### **2.25. Seguridad para los procesos de suelda.**

Durante los procesos de suelda es recomendable usar el equipo adecuado así se evitaren posibles lesiones que se puedan usar durante el proceso, dichas protecciones pueden ser:

- Calzado adecuado.
- Ropa de protección antinflamable.
- Guantes de cuero.
- Mandil de cuero.
- Gafas de protección.
- Careta para soldar.
- Mascara antigas.

Las caretas para soldar deben presentar un vidrio especial que restringe el paso de la luz ultravioleta.

## **CAPITULO III**

### **3. Metodología de la Investigación**

#### **3.1. Tipo de Investigación.**

El tipo de investigación que se utiliza es la investigación tecnológica porque va dirigida al desarrollo e innovación de tecnologías usando parámetros de diseño al crear un vehículo especializado para el uso de una persona discapacitada en silla de ruedas

Es una investigación bibliográfica, porque dentro de construcción del vehículo se utiliza principios y conceptos ya establecidos dentro de libros de los diferentes campos aplicados.

#### **3.2. Métodos.**

El método a seguir es el Analítico Sintético en el marco teórico, porque se hace el análisis de toda la teoría perteneciente al diseño y los parámetros de construcción, luego se realiza una síntesis de lo más importante de cada tema.

Otro método que se aplica es el de diseño, modelación y simulación; ya que con esto se verifica la resistencia y posibles deformaciones que puede sufrir la estructura.

#### **3.3. Técnicas.**

Las técnicas aplicadas durante la construcción de este proyecto fueron las siguientes:

- Elaboración de planos.
- Construcción y montaje de los sistemas del vehículo.
- Adaptación de elementos.



## **CAPÍTULO IV**

### **4. Propuesta Alternativa: Diseño y construcción del vehículo.**

#### **4.1. Diseño, construcción del chasis junto con la jaula de seguridad.**

Para poder diseñar el chasis y la jaula de seguridad del vehículo se considera que es vehículo tubular monoplace, por lo que se basa en planos y diagramas que se obtiene con ayuda del programa “Inventor”, además de información que se recolecta tanto de internet como también la de textos escritos de diseño mecánico y mecánica automotriz.

#### **4.2. Chasis y Jaula de Seguridad.**

##### **4.2.1. Parámetros del diseño.**

Al ser un tipo de carrocería tubular monoplace muy similar a la de los buggys el diseño tiene que soportar varios elementos o sistemas que son importantes para el vehículo por lo que se toma en cuenta los siguientes ítems:

- Carrocería: El vehículo es de ruedas descubiertas con habitáculo o cockpit abierto.
- Distancia entre ejes: el vehículo posee una distancia entre ejes de 153m.
- Peso: el vehículo tiene un peso de 250 kilos sin pasajero y sin combustible.
- Dimensiones: las dimensiones que tiene el vehículo incluyendo la carrocería son las siguientes:
  - A) Longitudinal: 2.26 m
  - B) Ancho: 1.27 m
  - C) Alto: 1.68 m
- Distancia al piso: la distancia del vehículo al piso es de 18 cm

#### **4.2.2. Diseño geométrico.**

Para proceder con el diseño geométrico se tiene en cuenta los datos generales que son: largo, ancho y altura del vehículo, además de otras medidas de la estructura.

También se debe tomar en cuenta el espacio y la posición donde se va a instalar los diferentes sistemas del vehículo tales sistemas pueden ser: suspensión, motor; transmisión; dirección, frenos, y dirección los cuales se anclan al chasis.

Con estos principios como primer paso se realiza un bosquejo el que sirve como base, dicho bosquejo solo debe de ser una idea en el cual no se debe considerar medidas.

Luego de esto se dibuja un bosquejo más detallado donde se toma en cuenta la estructura tubular del vehículo, con este bosquejo se puede determinar los posibles puntos donde se va a fijar los sistemas del vehículo.

Como último paso se realiza un bosquejo en el cual consten todos los sistemas del vehículo y en la posición donde van a ser ubicados, es necesario mantener la idea inicial del vehículo, pero también pueden existir posibles variaciones al realizar un diagrama con la geometría y las medidas requeridas.

Esto se convierte como punto de partida del diseño en computadora.



Fig. 27. Boceto final.

Fuente: Los Autores.

### 4.3. Cálculos de determinación de cargas.

#### 4.3.1. Cargas vivas.

(Normalización, 2009) Según las normas INEN 1323 dicen que: “Corresponden a la carga por ocupante y se la considera como distribución uniformemente en los respectivos elementos estructurales de la carrocería”.

Con respecto al proyecto se trata de un solo ocupante y al ser un vehículo monoplaza no llevará pasajeros y no cuenta con un espacio para maletero, para determinación de la carga viva se toma en cuenta la masa del ocupante sin silla de ruedas (54kg).

Para el cálculo del peso de la estructura y de ciertos elementos se aplica la fórmula de peso:

Fórmula 1. Peso

$$P = m * g$$

Dónde:

$P = \text{Peso}$

$m = \text{masa}$

$g = \text{gravedad}$

Ecuación. 1. Cálculo del peso del ocupante por medio de la Fórmula 1.

$$m_h = 54 \text{ kg}$$

$$P_h = 54 \text{ kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$P_h = 529.2 \text{ N}$$

A continuación se calcula el peso del ocupante por nodo. Esto se calcula dividiendo el peso obtenido por el número de nodos donde se aplica la fuerza.

Fórmula 2. Peso por nodo.

$$P_n = \frac{P}{n}$$

Dónde:

$P_n = \text{Peso por nodo}$

$P = \text{Peso}$

$n = \text{número de nodos}$

Ecuación. 2. Peso del ocupante por nodo por medio de la Fórmula 2

$$P_{hn} = \frac{529.2 \text{ N}}{8}$$

$$P_{hn} = 66.15$$

#### 4.3.2. Carga muerta.

(Normalización, 2009) Según la norma INEN 1323 dice que: “Corresponde al peso de la carrocería incluido todos los componentes estructurales y no estructurales permanentes”. En el caso del proyecto se considera cargas muertas la propia carrocería, la silla de ruedas, el motor, la batería, el piso y el tanque de combustible.

#### 4.3.3. Peso de la estructura.

Inventor Autodesk luego del diseño calcula automáticamente: la masa de la estructura, volumen, centro de gravedad. A continuación se muestra los datos que genera Inventor.

**Tabla 10.- Valores obtenidos por inventor.**

Masa	110,332 kg
Área	9679700 mm <sup>2</sup>
Volumen	15824200 mm <sup>3</sup>
Centro de gravedad	x=-5056,25 mm y=-4276,65 mm z=-606,598 mm

Fuente: Los Autores.

#### 4.3.4. Peso de la silla de ruedas.

Comercialmente se encuentra sillas de ruedas mecánicas o eléctricas, con diferentes materiales en su estructura pudiendo ser estas desde hierro asta titanio; por lo que se decide

usar la silla de ruedas más común del mercado denominada silla clínica. Por lo que el cálculo muestra el siguiente resultado:

Ecuación. 3. Peso de la silla de ruedas aplicando la Fórmula 1.

$$m_s = 15,4\text{kg}$$

$$P_s = 15,4\text{kg} * 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$P_s = 151\text{N}$$

#### **4.3.5. Peso del motor.**

Para este cálculo se utiliza la masa del motor cuyo valor es de 26 kg y con ayuda de la fórmula 1 se realiza el cálculo del peso.

Ecuación. 4. Peso del motor aplicando la fórmula 1.

$$m_m = 26\text{kg}$$

$$P_m = 26\text{kg} * 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$P_m = 254,8\text{N}$$

#### **4.3.6. Peso de la batería.**

La masa de la batería al no ser de considerable dimensión se toma en cuenta ya que es un factor que influye en los cálculos de cargas en un vehículo.

Ecuación. 5. Cálculo del peso de la batería aplicando la fórmula 1.

$$m_b = 0,9\text{kg}$$

$$P_b = 0,9\text{kg} * 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$P_b = 8,82\text{N}$$

#### 4.3.7. Peso del tanque de combustible.

El tanque de combustible es un depósito con una masa variable que actúa permanentemente en la estructura del vehículo por lo que en el cálculo que se realiza a continuación se hace con su capacidad total (1,5 glns).

Para el cálculo del peso del tanque de combustible se tiene que conocer datos propios del carburante como es la densidad cuyo valor es de  $0.76 \text{ g/cm}^3$ , y conocer que la capacidad máxima del tanque de combustible es una dimensión de volumen y para el cálculo del peso se trabaja con medidas de masa así que para el cálculo del peso se debe relacionar estos datos con la siguiente formula.

Fórmula 3. Relación de densidad.

$$\delta = m / V$$

Dónde:

$\delta$  = densidad

$m$  = masa

$V$  = volumen

Ecuación. 6. Transformación de volumen a masa aplicando la fórmula 3.

$$1,5 \text{ glns} = 5678,12\text{cm}^3$$

$$\delta \text{ de la gasolina} = 0.76 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$m = V(\text{volumen}) * \delta (\text{densidad})$$

$$m = 5678,12 \text{ cm}^3 * 0.76 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$m = 4315,37\text{g} = 4,32\text{kg}$$

Ecuación. 7. Cálculo del peso del tanque de combustible por medio de la fórmula 1.

$$m_t = 4,32\text{kg}$$

$$P_t = 4,32\text{kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$P_t = 42,34\text{N}$$

#### 4.3.8. Peso del Piso.

El piso está formado por dos placas de acero de 3 mm de espesor, el peso de las placas en la estructura del vehículo es constante por lo que se debe hacer este cálculo.

Ecuación. 8. Cálculo del peso del piso por medio de la fórmula 1.

$$m_p = 2,7\text{kg}$$

$$P_p = 2,7\text{kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$P_p = 26,5\text{N}$$

$$P_{pt} = P_p * N$$

$$P_{pt} = 26.5 * 2$$

$$P_{pt} = 53\text{N}$$



Entonces el cálculo total de cargas muertas es resultado de la suma de las masas y de los pesos de la estructura, del motor, de la batería, del tanque, del piso; por lo que la fórmula queda así:

Fórmula 4: Suma de pesos de cargas muertas

$$C_m = (P_s + P_m + P_b + P_t + P_{pt})$$

Dónde:

$C_m$  = Pesos total de cargas muertas

$P_s$  = Peso de la silla de ruedas

$P_m$  = Peso del motor

$P_b$  = Peso de la batería

$P_t$  = Peso del tanque

$P_{pt}$  = Peso total del piso

Fórmula 5: Suma de masa de cargas muertas

$$M_m = (M_s + M_m + M_b + M_t + M_{pt})$$

Dónde:

$M_s$  = Masa de la silla

$M_m$  = Masa del motor

$M_b$  = Masa de la batería

$M_t$  = Masa del tanque

$M_{pt}$  = Masa total del piso

Ecuación. 9. Cálculo de peso total de cargas muertas aplicando la Fórmula 4.

$$C_m = (151 + 254,8 + 8,82 + 42,34 + 53)N$$

$$C_m = 509,96N$$

Ecuación. 10. Cálculo de masa total de cargas muertas por medio de la fórmula 5.

$$M_m = (15,4 + 26 + 0,9 + 4,32 + 5,4)kg$$

$$M_m = 52,02 \text{ kg}$$

#### **4.3.9. Cargas de giro (G).**

Considerando que el vehículo no excede los 60 km/h este valor no es significativo para que afecte el comportamiento de la estructura.

(Normalizaciòn, 2009)Según la norma INEN 1323 dice que: La carga de giro se debe calcular en función de la fuerza centrífuga que se genera al entrar con un vehículo a una curva de determinado radio y a cierta velocidad, se considera como velocidad critica al valor de 90 km/h.

#### **4.3.10. Carga de frenado (F).**

(Normalizaciòn, 2009) De acuerdo a la norma INEN 1323: “La carga de frenado corresponde a la fuerza generada durante el frenado de un vehículo, para dicha fuerza se asume una desaceleración mayor o igual a  $4 \text{ m/s}^2$ ”.

La carga de frenado es la fuerza que resulta de la relación de masa por la aceleración que se va a aplicar.

Fórmula 6: Cálculo de Fuerza.

$$F = C * a$$

Dónde:

F = Fuerza de la carga de frenado

C = Masa total del vehículo

a = Aceleración del frenado

Para el cálculo de carga de frenado se debe calcular la masa teórica del vehículo siendo este el resultado de la suma de las masas de la estructura, de la carga viva y de las cargas muertas.

Fórmula 7: Suma de masas

$$Cf = Me + Mv + Mm$$

Dónde:

Me = Masa de la Estructura

Mv = Masa de carga viva

Mm = Masa total de cargas muertas

Ecuación. 11. Cálculo de la masa de la carga de frenado por medio de la fórmula 7.

$$Cf = (110,332 + 54 + 52,02)kg$$

$$Cf = 216,35 \text{ kg}$$

Ecuación. 12. Cálculo de la fuerza de la carga de frenado por medio de la fórmula 6.

$$F = 216,35 \text{ kg} * 4 \text{ m/s}^2$$

$$F = 865,4N$$

Ecuación. 13. Cálculo de carga de frenado por nodo por medio de la fórmula 2.

$$F_n = \frac{F}{n}$$

$$F_n = \frac{865,4 \text{ N}}{36}$$

$$F_n = 24,04 \text{ N}$$

Esta carga se aplica a los 36 nodos que conforman la estructura, a su vez está dirigida en sentido paralelo al eje Y; por lo que los nodos donde se aplica dicha fuerza se encuentran en la siguiente tabla:

**Tabla 11.- Carga de frenado.**

	Carga (N)	Nodos Seleccionados	Carga por nodo (N)
Frenado	865,4	1,2,3,4,5,3,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36.	24,04

Fuente: Los Autores.

#### **4.3.11. Carga de aceleración brusca (Ab).**

(Normalización, 2009) De acuerdo con la norma INEN 1323 dice que: “corresponde a la carga generada por la aceleración brusca de un vehículo, se calcula con el mismo principio de la carga de frenado pero en sentido contrario es decir la aceleración será de  $4^m/s^2$ ”.

Ecuación. 14. Cálculo de carga de aceleración por medio de la fórmula 6.

$$Ab = 216,35 \text{ kg} * 4 \text{ m/s}^2$$

$$Ab = 865,4 \text{ N}$$

Ecuación. 15. Cálculo de carga de aceleración por nodo por medio de la fórmula 7.

$$Abn = \frac{865,4 \text{ N}}{36}$$

$$Abn = 24,04 \text{ N}$$

Esta carga de igual manera es aplicada a los 36 nodos de la estructura, y paralela a el eje Y, pero en dirección contraria al frenado; por lo que la tabla que se muestra a continuación indica en que nodo se va aplicar dicha fuerza.

**Tabla 12.- Carga de aceleración brusca.**

	Carga (N)	Nodos Seleccionados	Carga por nodo (N)
Aceleración Brusca	865,4	1,2,3,4,5,3,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19, 20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36.	24,04

Fuente: Los Autores.

#### **4.3.12. Carga de resistencia al aire frontal (Raf).**

(Normalización, 2009) De acuerdo con la norma INEN 1323 dice que: “La carga de aire frontal corresponde a la fuerza del aire actuante sobre un área correspondiente a la

proyección de un frente en un plano perpendicular a su eje longitudinal, esta fuerza es aplicada sobre el área frontal de un vehículo”.

Para este cálculo se debe relacionar el área frontal del vehículo cuyo cálculo se realiza relacionando el ancho del vehículo por la altura del mismo y multiplicando por el coeficiente de aire frontal que es un valor constante y depende de la forma frontal del vehículo, por lo que la fórmula para calcular queda de la siguiente manera.

Fórmula 8: Área frontal.

$$Af = f * b * h$$

Dónde:

$Af$  = Área frontal

$f$  = Coeficiente de área frontal

$b$  = Base del vehículo

$h$  = Altura del vehículo

Posterior a este cálculo se realiza el cálculo de resistencia del aire frontal cuya fórmula es la siguiente:

Fórmula 9: Resistencia al aire frontal.

$$Raf = \frac{Cx * p * Af * V^2}{2}$$

Dónde:

Raf = Carga de resistencia aerodinámica

Af = Área Frontal

p = Densidad del aire

Cx = Coeficiente de resistencia al aire frontal

V = Velocidad

Ecuación. 16. Cálculo de área frontal por medio de la fórmula 8.

$$Af = 0,8 * 1,27m * 1,68m$$

$$Af = 1,71m^2$$

Ecuación. 17. Cálculo de resistencia de aire frontal por medio de la fórmula 9.

Para este cálculo los valores y constantes son:

*Cx = coeficiente de resistencia frontal de aire (0,7)*

*p = densidad del aire ( $1,225 \frac{kg}{m^3}$ )*

*V = velocidad (maximo  $25 \frac{m}{s}$ )*

$$Raf = \frac{0,7 * 1,225 \frac{kg}{m^3} * 1,71m^2 * (15,6 \frac{m}{s})^2}{2}$$

$$Raf = 178,4 N$$

Ecuación. 18. Cálculo de resistencia de aire frontal por nodo por medio de la fórmula 2.

$$Rafn = \frac{Raf}{n}$$

$$Rafn = \frac{178,4 \text{ N}}{14}$$

$$Rafn = 12.74 \text{ N}$$

Esta carga se aplica a los 14 nodos frontales, en sentido opuesto al desplazamiento del vehículo, la tabla que se muestra a continuación indica en que nodos se aplica dicho valor.

**Tabla 13.- Carga de resistencia del aire frontal.**

	Carga (N)	Nodos Seleccionados	Carga por nodo (N)
Resistencia del aire frontal	178,4	1,2,3,4,11,12,15,16,19,24,27,28,29,30.	12,74

Fuente: Los Autores.

#### **4.3.13. Cargas de impacto.**

##### **Impacto superior (Is).1**

De acuerdo al reglamento de la (Normalización, 2009) dice que “la aceleración que debe soportar deberá ser de 2g”.

Ecuación. 19. Cálculo de carga de impacto superior por medio de la fórmula 6.

$$Fs = 216,35 \text{ kg} * 2(9,8 \text{ m/s}^2)$$



$$F_s = 4240,46N$$

Ecuación. 20. Cálculo de carga al impacto superior por nodo por medio de la fórmula 2.

$$F_{sn} = \frac{F_s}{n}$$

$$F_{sn} = \frac{4240,46 N}{12}$$

$$F_{sn} = 353,37 N$$

Esta carga se aplica en los nodos superiores de la estructura en sentido vertical, en la tabla que se muestra a continuación se indica los nodos que soportar dicha carga.

**Tabla 14.- Carga de impacto superior.**

	Carga (N)	Nodos Seleccionados	Carga por nodo (N)
Impacto Superior	4240,46	9,10,11,12,15,16,27,28,29,30,35,36	353,37

Fuente: Los Autores.

### **Impacto lateral (II).**

Con el reglamento de la (Normalización, 2009) dice que “La aceleración que deberá soportar la estructura en caso de un impacto lateral deberá ser de 4g”.

Ecuación. 21. Cálculo de carga del impacto lateral por medio de la fórmula 6.

$$F_l = 216,35 kg * 4(9,8 m/s^2)$$

$$Fl = 8480,92N$$

Ecuación. 22. Cálculo de carga del impacto lateral por nodo por medio de la fórmula 2.

$$Fl_n = \frac{8480,92N}{14}$$

$$Fl_n = 605,78 N$$

Esta carga se aplica en sentido axial hacia la estructura, en la siguiente tabla se muestra los nodos que soportan la carga calculada.

**Tabla 15.- Carga de impacto lateral.**

	Carga (N)	Nodos Seleccionados	Carga por nodo (N)
Impacto lateral	8480,92	1,3,5,8,9,12,15,19,20,25,27,29,31,35.	605,78

Fuente: Los Autores.

### **Impacto frontal (If).**

Según el reglamento de la (Normalización, 2009) dice que “La aceleración que debe soportar deberá de ser de 8g”.

Ecuación. 23. Cálculo de carga del impacto frontal por medio de la fórmula 6.

$$Ff = 216,35 kg * 8(9,8 \frac{m}{s^2})$$

$$Ff = 16961,84N$$

Ecuación. 24. Cálculo de carga del impacto frontal por nodo por medio de la fórmula 2.

$$Ffn = \frac{16961,84 \text{ N}}{14}$$

$$Ffn = 1211,56 \text{ N}$$

Esta carga se aplica en sentido paralelo al eje de desplazamiento, en la siguiente tabla se muestra los nodos que soportan dicha carga.

**Tabla 16.- Carga de impacto frontal.**

	Carga (N)	Nodos Seleccionados	Carga por nodo (N)
Impacto frontal	16961,35	1,2,3,4,12,11,15,16,19,24,27,28,29,30.	1211,56

Fuente: Los Autores.

### **Carga sobre el techo (Ct).**

(Normalización, 2009) De acuerdo a la normativa INEN 1323 dice que: “La carrocería deberá resistir una carga estática sobre el techo del 50% del peso admisible para el chasis, sin experimentar deformación en ningún punto que exceda los 70mm”. Según la investigación y los datos de vehículos similares el peso máximo admisible es de 660 Kg con este dato se procedió a realizar el análisis de la estructura.

Ecuación. 25. Cálculo de carga aplicada sobre el techo por medio de la fórmula 6.

$$Ft = 330 \text{ kg} * (9,8 \text{ m/s}^2)$$

$$Ft = 3237,3 \text{ N}$$

Ecuación. 26. Cálculo de carga aplicada sobre el techo por nodo por medio de la fórmula 2.

$$F_{tn} = \frac{3237,3 \text{ N}}{8}$$

$$F_{tn} = 404,66 \text{ N}$$

Esta carga se aplica en los nodos del techo en sentido vertical sobre ellos, en la siguiente tabla se muestra los nodos que van a soportar dicha carga.

**Tabla 17.- Carga sobre el techo.**

	Carga (N)	Nodos Seleccionados	Carga por nodo (N)
Carga sobre el techo	3237,3	9,10,15,16,29,30,35,36	404,66

Fuente: Los Autores.

#### **4.4. Reconocimiento de nodos y vigas.**

Posterior al diseño de inventor se reconoce en el mismo los puntos donde se junta por medio de suelda, estos puntos tienen el nombre de nodos. De igual manera se identifica y se designa a las vigas que forman la estructura; esto facilita la realización de cálculos y designación de resultados en los mismos.

En la siguiente imagen se muestra los 36 nodos que unen las vigas de la estructura.

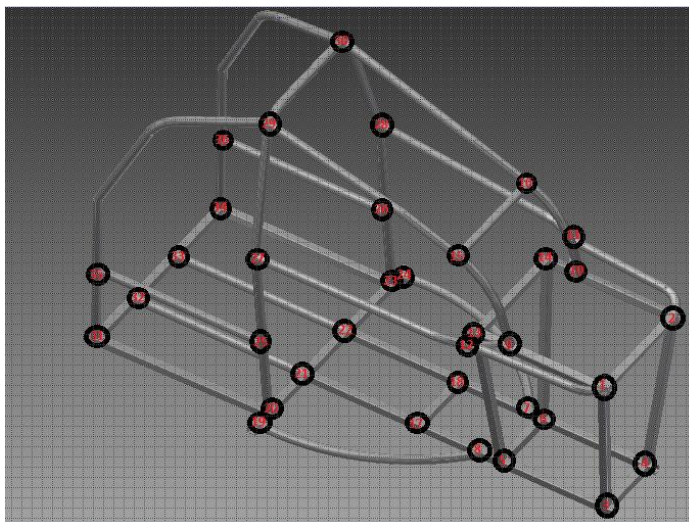


Fig. 28. Designación de nodos, vista isométrica.

Fuente: Los Autores.

A continuación se muestra las vigas que forman la estructura del prototipo.

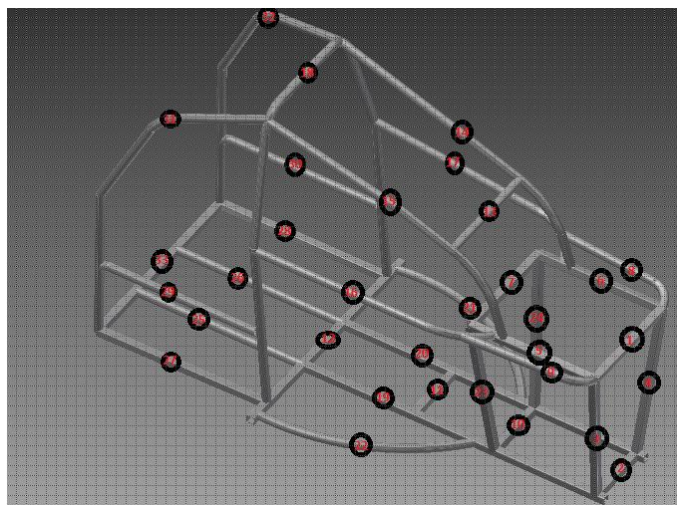


Fig. 29. Designación de vigas, vista isométrica.

Fuente: Los Autores.

#### 4.5. Proceso de análisis estructural por medio Inventor Professional.

Este proceso se usa para comprender la seguridad e integridad de la estructura diseñada, se determina con esto las posibles deformaciones y tensiones cuando está sometida a varias cargas. Una vez definido esto se procede a la simulación para observar el comportamiento relativo a las condiciones establecidas. Este procedimiento ayuda a identificar el rendimiento del material para encontrar posibles mejoras de diseño.

Para este proceso los elementos de viga son lineales; porque el análisis no permite las vigas curvadas, estas deben ser divididas en pequeñas piezas lineales.

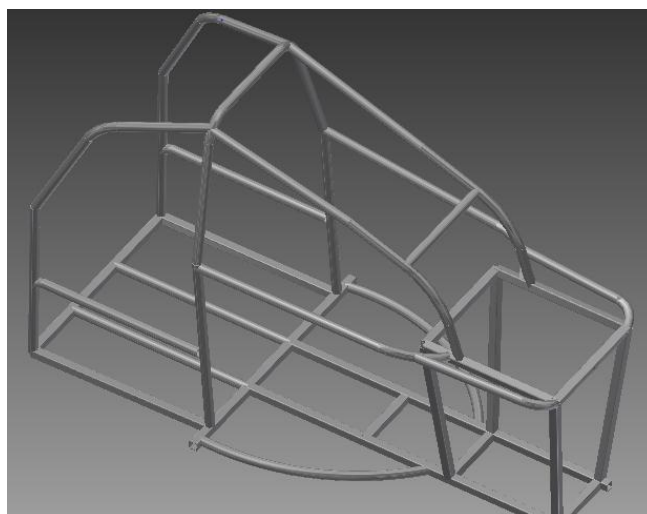


Fig. 30. Estructura de la carrocería.

Fuente: Los Autores.

Se hace clic en Opciones, y se presiona la ficha Entorno, panel de Iniciar Análisis de Estructura. Esto automáticamente muestra un modelo de cálculo donde indica las vigas y los nodos; además del centro de gravedad.

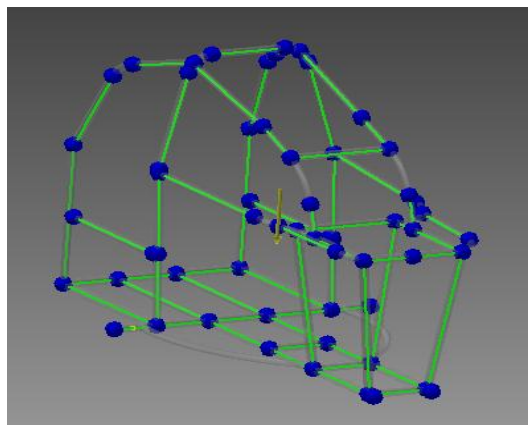


Fig. 31. Ensemble simplificado.

Fuente: Los Autores.

Luego de esto se procede a pulsar la opción de **Análisis**; en el panel de **Administrar** se pulsa la opción **Crear Simulación**, y se da clic en el icono de **Crear Nueva Simulación**, en esta opción se define las propiedades y rangos de la simulación y se presiona **Aceptar**. Durante el análisis puede manejarse con varias simulaciones y cada una con distintas propiedades.

Seguido de esto se ubica las restricciones en la estructura, siendo todas estas visuales para definir las entradas con facilidad.

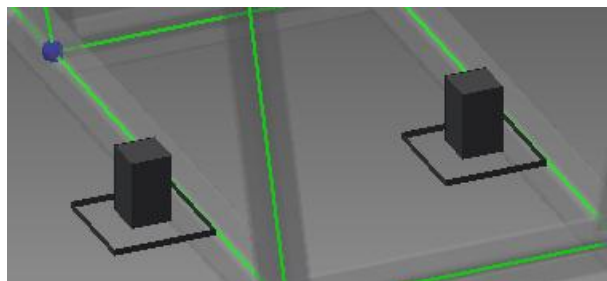


Fig. 32. Restricciones fijas.

Fuente: Los Autores.

En el caso del diseño se procede a poner cuatro restricciones fijas, una vez colocadas las restricciones se ubica las cargas en los puntos de análisis.

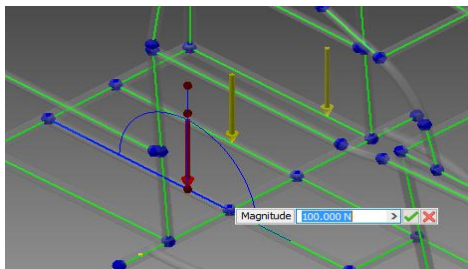


Fig. 33. Colocación de cargas.

Fuente: Los Autores.

Una vez colocadas las restricciones y las cargas, se pulsa la opción simular, es aquí donde el programa muestra los resultados en base a los datos ingresados. Durante las simulaciones posteriores se sigue los pasos antes mencionados.

#### 4.6. Análisis de la estructura.

En la imagen que se muestra a continuación se indica el rango en los cuales la estructura puede sufrir una deformación según la teoría de Von Mises. Dicho cálculo es generado por Inventor.

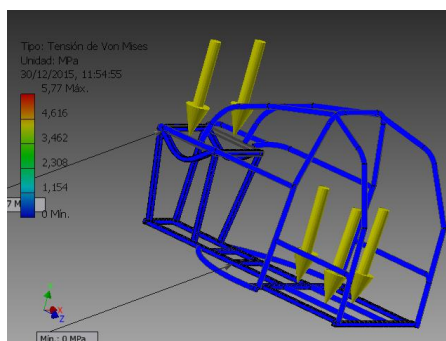


Fig. 34. Análisis de la tensión de Von Mises.

Fuente: Los Autores.



A continuación se muestra el rango de deformación el cual muestra con rojo la zona donde puede deformarse la estructura este análisis es generado de igual manera por Inventor.

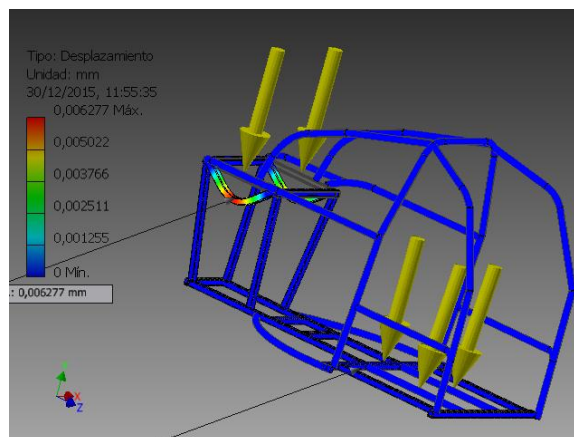


Fig. 35. Análisis de deformación.

Fuente: Los Autores.

La figura que se muestra a continuación indica el rango del coeficiente de seguridad el cual tiene un valor máximo de 15 su.

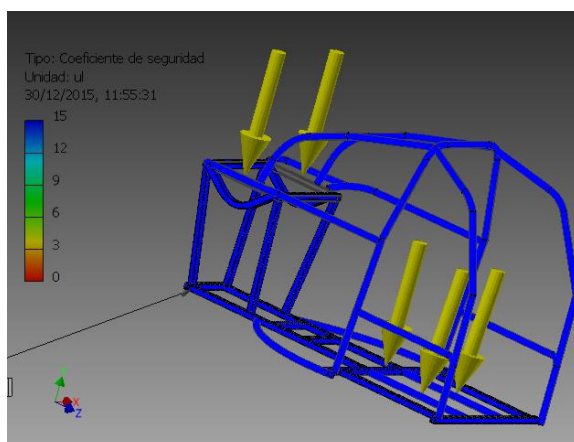


Fig. 36. Análisis de coeficiente de seguridad.

Fuente: Los Autores.

A continuación en la siguiente tabla se indica los valores de los pares de restricciones y sus componentes.

**Tabla 18.- Fuerza y pares de reacción en restricciones.**

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción fija:1	1348,86 N	93,7402 N	246,301 N m	-240,463 N m
		1345,6 N		52,5737 N m
		0 N		8,79591 N m

Fuente: Los Autores.

La siguiente tabla contiene un resumen de los resultados que genera Inventor luego del análisis de la estructura.

**Tabla 19.- Resumen de resultados.**

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	13796900 mm <sup>3</sup>	
Masa	108,306 kg	
Tensión de Von Mises	0 MPa	5,7701 MPa

Primera tensión principal	-1,18878 MPa	4,40134 MPa
Tercera tensión principal	-6,4167 MPa	0,343802 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,00627695 mm
Coefficiente de seguridad	15 su	15 su
Deformación equivalente	0 su	0,0000259633 su

Fuente: Los Autores.

Con las imágenes y tablas antes expuestas se muestra que el vehículo tiene todas las seguridades, porque para su diseño se sobredimensiona las cargas que se aplica sobre la estructura.

#### **4.7. Construcción, montaje y adaptación de sistemas principales al chasis según las especificaciones del diseño 3D.**

##### **4.7.1. Proceso de fabricación.**

Una vez que se hace un modelo digital donde se determina la geometría del prototipo y de acuerdo al análisis y simulación realizados en Inventor, se decide utilizar un acero estructural con las siguientes características:

- El bastidor del vehículo contiene un tubo cuadrado de 1 1/2 con un espesor de 2mm.
- El arco principal y el resto de la estructura de la jaula de seguridad consta de un tubo redondo de diámetro 1 1/2 con un espesor de 2mm.

Este tipo de acero se lo comercializa en cualquier almacén siderúrgico y se lo conoce como acero estructural negro.

#### 4.7.2. Diagrama de procesos.

El diagrama que se muestra a continuación es un orden del proceso a seguir en la construcción del prototipo.

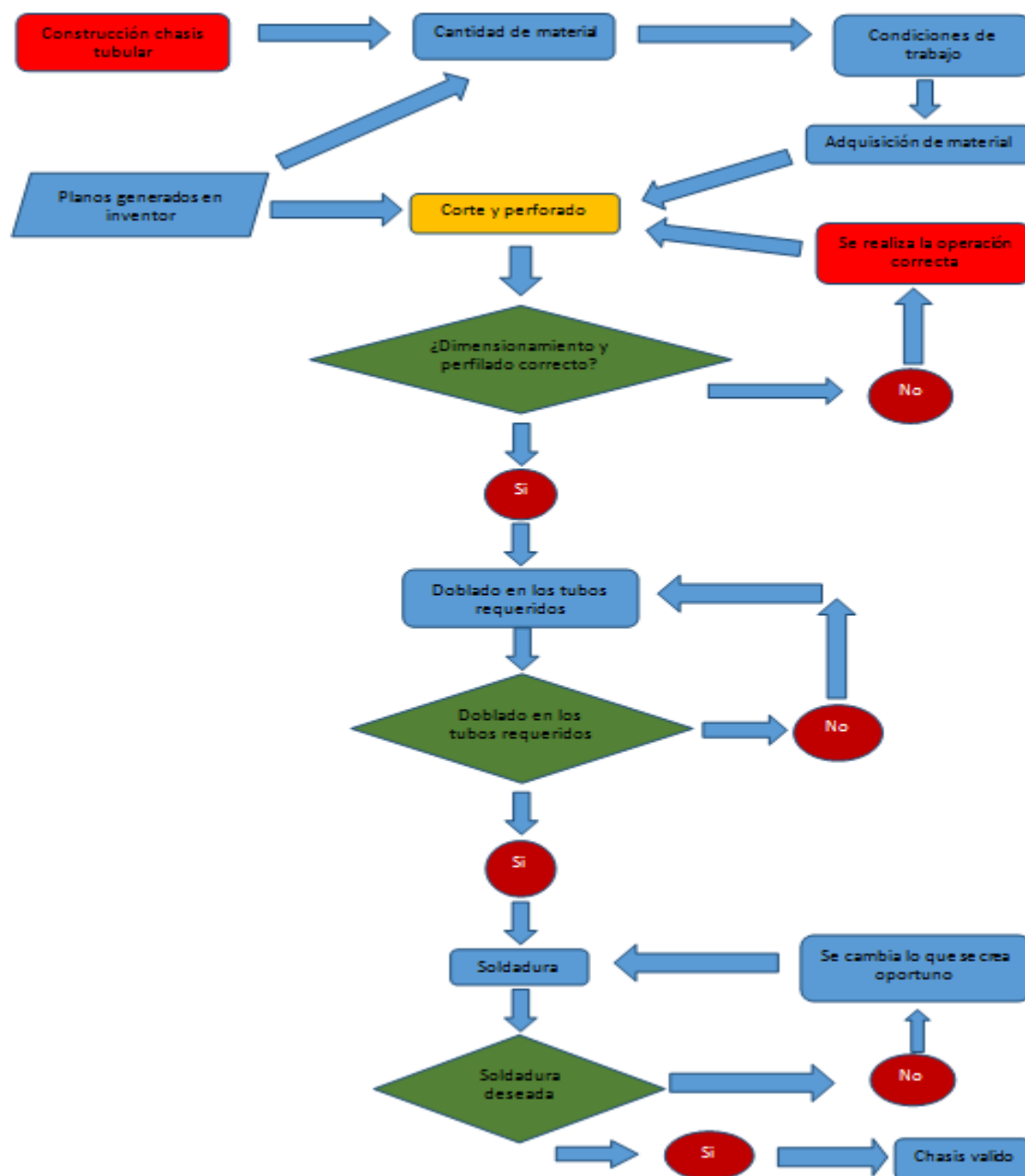


Fig. 37.- Diagrama de fabricación del chasis.

Fuente: Los Autores.

#### **4.7.3. Selección de procesos de corte y de soldadura.**

El proceso de construcción se organiza sistemáticamente para el ensamble y montaje de los elementos, además se debe optimizar los recursos y materiales que son destinados a la construcción del mismo; para que el proyecto avance y se desarrolle unidireccionalmente, para lo cual se toma en cuenta los siguientes procesos:

- Marcado y selección de dimensiones en los tubos.
- Corte del tubo utilizando el material o herramienta adecuada.
- Curvado en los tubos.
- Preparación de los bordes para la suelda.
- Aplicación de soldadura.
- Granallado de la superficie del metal.
- Proceso de preparación y posterior pintado.

#### **Marcado de tubo.**

Este proceso se realiza basándose en las dimensiones de los planos del chasis al igual también se considera el espacio desgastado al momento del corte, por lo que al momento de cortar este, debe ser correctamente medido y cortado para que la medida del tubo no sufra alteraciones.

La unidad de medida con que se trabaja son centímetros y el instrumento de medida que se usa para esto es el flexómetro o metro que con ayuda de una tiza marca la medida donde se tiene que realizar el corte.



Fig. 38. Marcado de tubos.

Fuente: Los Autores.

### **Corte de los tubos.**

El proceso de corte de los tubos se realiza con ayuda de una amoladora y un disco de corte, además se usa una segueta para la preparación de los extremos.

Los cortes dependen del ángulo y de la forma de los extremos donde se va a unir, y de las formas que se quiere conseguir para formar la estructura; es por eso que en los extremos el corte es más preciso y se debe usar la segueta.



Fig. 39. Proceso de corte de tubos.

Fuente: Los Autores.

### **Perfilado de los tubos antes de la suelda.**

Después del corte de los tubos y con las dimensiones correctas se procede hacer un corte en los extremos; este método se llama perfilado el cual ayuda a acoplar de una manera adecuada para que tome una forma exacta con relación a otro tubo, y al momento de soldar no se tenga que utilizar un exceso de material de relleno y por lo tanto se realice un perfecto cordón de suelda.

Existen dos tipos de perfilado el uno se denomina silla de montar o sobre-montado y el otro de intersecciones de sección multiplanares, el cual se utiliza de acuerdo al ángulo de configuración de los tubos.



Fig. 40. Proceso de perfilado de tubos.

Fuente: Los Autores.

### **Doblado de los tubos.**

Este proceso se realiza para dar forma al chasis por lo que se debe hacer con precisión, si existe un ligero error al momento de dar el curvado a los tubos la idea base como las medidas pueden fallar o errar, este proceso de curvado se aplica al frío y por medio de aplicación de presión.



Para realizar este proceso es necesario tomar moldes como referencia con ayuda de una varilla de 1/8, esta varilla sirve como una guía al momento de hacer los dobleces.



Fig. 41. Doblado de tubos artesanal.

Fuente: Los Autores.

### **Soldadura de la estructura.**

Para la construcción de la estructura el proceso de suelda que se usa es la suelda de arco eléctrico, dicho proceso se aplica para unir los perfiles de los tubos, además el proceso antes mencionado es conocido y aplicado con facilidad por todos los profesionales de la mecánica.

La aplicación de la suelda es un trabajo manual y sin complicaciones; además el material de relleno o electrodo que se usa para empatar los materiales son electrodo 6011 y electrodo 6013.



Fig. 42. Unión de la estructura por medio de suelda.

Fuente: Los Autores.

#### 4.7.4. Armado del Chasis.

Luego de preparar los materiales, herramientas y accesorios se procede a construir la estructura para lo cual se debe basar en los planos generados por el programa Inventor.

Primero se hace la construcción de la base del bastidor con todos los refuerzos, para esto se tiene que tomar en cuenta las distancias adecuadas.



Fig. 43. Armado de chasis.

Fuente: Los Autores.

A continuación de esto se construye la parte delantera del chasis con las bases respectivas para el motor.



Fig. 44. Armado frontal del vehículo.

Fuente: Los Autores.

Seguido de esto se instala el arco principal y los refuerzos laterales.



Fig. 45. Armado de base de la jaula de seguridad.

Fuente: Los Autores.

Una vez construida la estructura completamente junto con todo el bastidor se procede a adaptar todos los sistemas requeridos para el funcionamiento del vehículo.



Fig. 46. Acabados finales de la jaula de seguridad.

Fuente: Los Autores.

#### 4.8. Verificación de la calidad.

Este control se realiza basándose en la apariencia visual del bastidor y de la comprobación de las medidas que se tiene.

#### 4.9. Verificación de soldaduras.

Para este procedimiento se requiere analizar las fallas presentes en los cordones de soldadura o en la estructura, estas fallas pueden ser:

- A) Geométricas: un ejemplo más común es el de la torsión durante la aplicación de la suelda.
- B) Falla en las propiedades: para verificar estas fallas no existe un método destructivo para comprobar. Es por eso que cuando se terminan las estructuras se tienen las pruebas de dureza y de ductilidad.
- C) Discontinuidad: son los espacios en la estructura de las soldaduras.

#### 4.10. Montaje del tren de potencia.

Después de reparar el motor y ser probado sin aplicar cargas, se procede a la construcción y adaptación de bases que soporten el motor y de elementos que intervengan para el funcionamiento del mismo, como punto de referencia para construir y adaptar las bases se toma la posición del motor y los puntos de anclaje.

**Tabla 20.- Características del motor.**

<b>Tipo de motor</b>	<b>Monocilíndrico</b>
Cilindrada	150cc / 4 tiempos
Transmisión	Automática
Potencia maxima	10.4 Hp a 7000 RPM

Torque máximo	13.5 Nm/6000RPM
Arranque	Eléctrico
Combustible	Gasolina
Peso	26kg
Rendimiento	30km/lt
Velocidad sugerida	40 Km/h
Velocidad maxima	80 Km/h
Refrigeración	Flujo de Aire
Capacidad de carga	140kg

Fuente: (MotorUno, 2015)

De acuerdo a la posición en la variación de las poleas se puede calcular la velocidad final del vehículo por que primero se debe calcular la transmisión que existe durante la variación del sistema CVT. Dicha transmisión es la primera relación que se tiene presente para realizar el cálculo de la velocidad final.

En la imagen que se muestra a continuación se puede observar que el sistema CVT, no tiene movimiento, porque las poleas que intervienen no se acoplan para permitir el movimiento del vehículo. En esta posición se puede acelerar hasta las 1500 rpm sin generar tracción en los neumáticos.

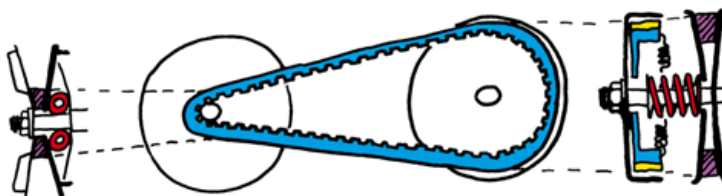


Fig. 47.- Primera posición de poleas.

Fuente: (MotorUno, 2015)

En la figura que se indica a continuación se muestra el acople de la banda por medio de las poleas al alcanzar el régimen de 1500, es aquí donde el vehículo empieza a tener movimiento.

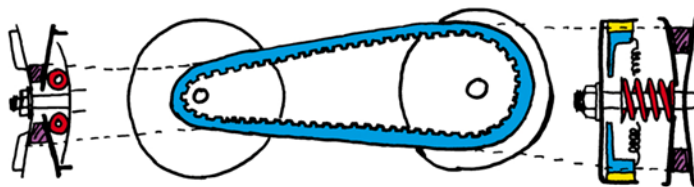


Fig. 48.- Segunda posición de poleas e inicio de movimiento.

Fuente: (*MotorUno*, 2015)

La figura que se muestra a continuación indica el momento en el cual las poleas tienen la relación de 1:1, estando en plena variación, y es donde se mantiene las RPM constantes en el valor de 6000 rpm, debido a este proceso la variación de la velocidad se da a cabo.

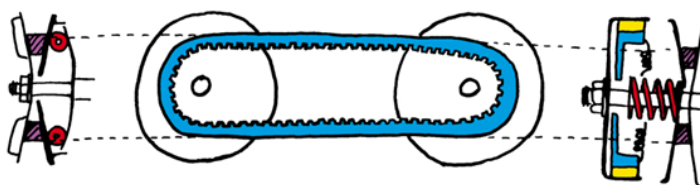


Fig. 49.- Tercera posición de poleas con la relación 1:1.

Fuente: (*MotorUno*, 2015)

La figura que se muestra a continuación muestra la posición final de la banda dentro de las poleas del sistema CVT es aquí donde la velocidad llega a ser máxima de acuerdo a la relación de variación del diámetro de las poleas.

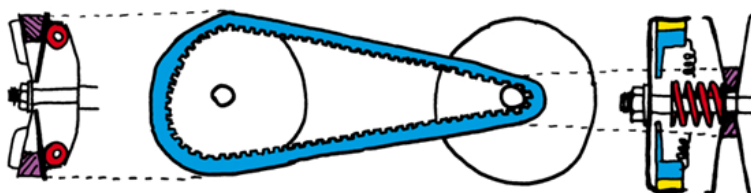


Fig. 50.- Posición final de poleas.

Fuente: (*MotorUno*, 2015)



Para el cálculo de transmisión se utiliza la relación de la catalina de salida con el piñón de entrada, dicho esto se divide el número mayor dientes de la catalina con el número de dientes del piñón, el mismo principio se lo usa para el cálculo de transmisión de las poleas del motor en cuyo caso se divide el diámetro menor (salida) con el mayor (entrada)

$$\text{Fórmula 10 para la relación de transmisión: } I0 = \frac{Z1}{Z2} = \frac{N1}{N2}$$

Dónde:

Z = número de dientes

N = número de rpm

Este cálculo se debe realizar para todo el sistema que interviene para generar movimiento al vehículo. Para el cálculo de relación de transmisión se aplica la fórmula 10 por lo que el resultado queda.

$$I_m = 3/10.2 = 0.294$$

$$I_1 = 17/17 = 1$$

$$I_2 = 43/17 = 2.529$$

$$I_d = 17/10 = 1.7$$

$$I_3 = 43/17 = 2.529$$

Una vez realizado el cálculo de cada relación del sistema se procede a calcular la relación de transmisión total del sistema. Este resultado se obtiene al multiplicar todas las relaciones de piñonearía presentes en el sistema. Dicho esto el resultado es el siguiente.



Cálculo de I total.

$$I_t = I_m \times I_1 \times I_2 \times I_d \times 2(I_3)$$

$$I_t = 0.294 \times 1 \times 2.529 \times 1.7 \times 2(2.529)$$

$$I_t = 6.39$$

Se usa el mismo principio de la relación de transmisión para el cálculo de las rpm que tiene las catalinas de los neumáticos. Entonces el cálculo queda.

Cálculo de revoluciones

$$I_t = N_{\text{entrada}} / N_{\text{salida}}$$

$$N_{\text{salida}} = 7000 / 6.39$$

$$N_{\text{salida}} = 1095.461 \text{ rpm}$$

Para el cálculo del diámetro del neumático se usa datos del mismo. Para lo cual se lo resuelve de la siguiente manera.

Cálculo del diámetro del neumático.

$$R_{in} = 12 / 80 / 80$$

$$80 \times 0.80 = 64 \text{ mm}$$

$$R_{in} = 12 \times 25.4 = 304.8 \text{ mm}$$

$$304.8 + 2(64) = 432.8 \text{ mm} = 0.43 \text{ m}$$

$$\text{Radio} = 0.22 \text{ m}$$

Para el cálculo de la velocidad lineal, se debe relacionar la velocidad angular es decir las rpm que tiene la catalina y multiplicar por el radio del neumático. Por lo que el resultado queda.

Velocidad.

$$V = 1095.461 \times 0.22$$

$$V = 241.08 \text{ m/ min}$$

$$V = 14.5 \text{ Km/h}$$

Tabla 21. Medidas del neumático.

Rueda	
Rin	12
Ancho	80
% Alto	80
D. Nominal	432,8
D. En metros	0,4328
Radio	0,2164

Fuente: Los Autores.

En el diagrama que se muestra a continuación se indica como la velocidad aumenta desde el momento en que las poleas empatan su juego, luego de esto las revoluciones se mantienen constantes a las 6000 rpm, variando la velocidad por el juego de poleas que tiene el sistema de embrague CVT. Mencionado esto puede alcanzar su máxima velocidad a las 7000 rpm.

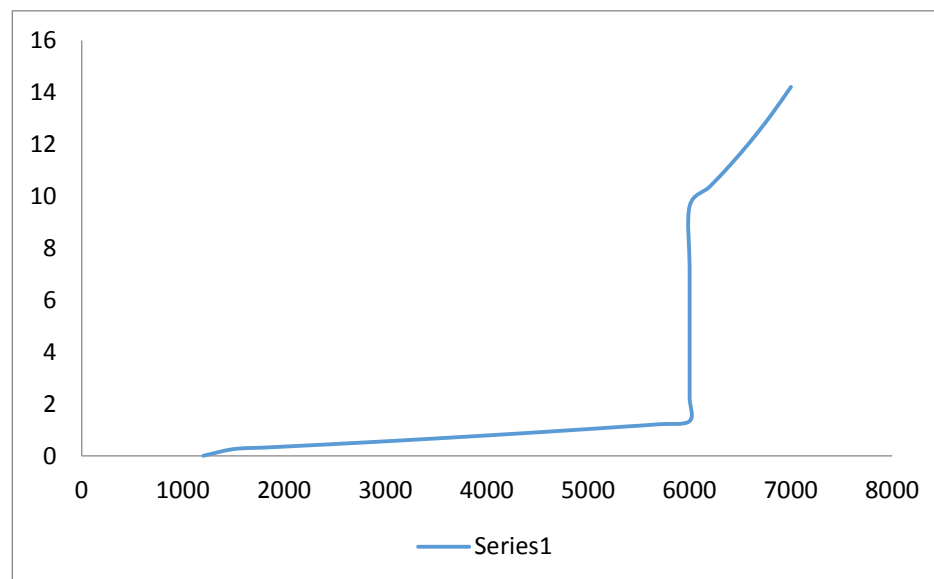


Fig. 53.- Diagrama de velocidad en función de Rpm.

Fuente: Los Autores.

A continuación se muestra un diagrama con la variación de los diámetros de las poleas que se tiene. Este permite analizar que se tiene un incremento de velocidad, cuando una polea aumenta su diámetro y la otra reduce el mismo.

Dicho esto también se puede concluir que se tiene marchas cortas, además la velocidad sube constantemente porque se desprecian las caídas de revoluciones al momento de hacer los cambios.

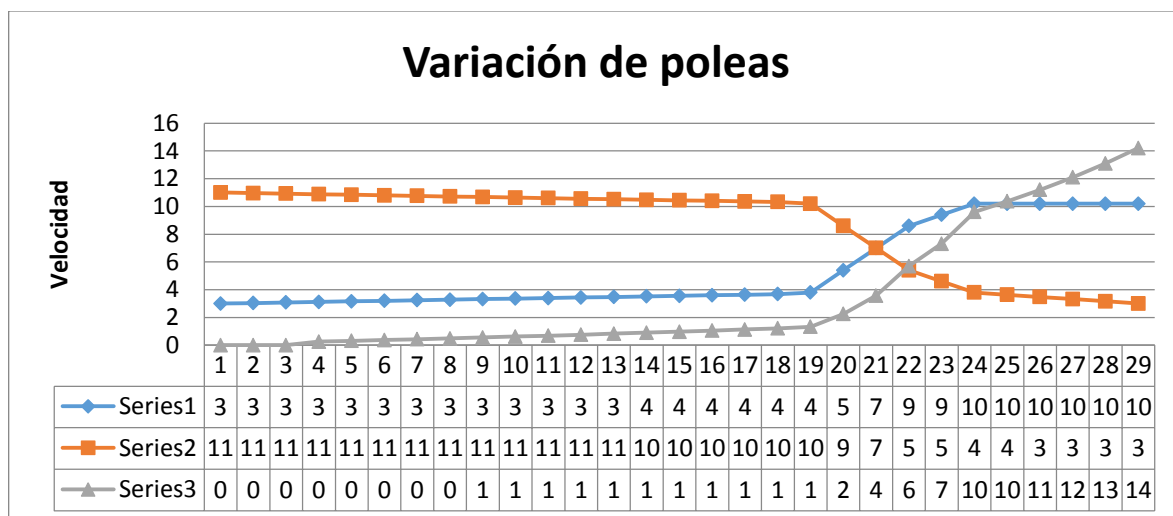


Fig. 54.- Diagrama variación de poleas.

Fuente: Los Autores.

En el siguiente diagrama se muestra la curva de torque en la cual se puede observar el valor más alto y su declive al alcanzar su velocidad máxima.

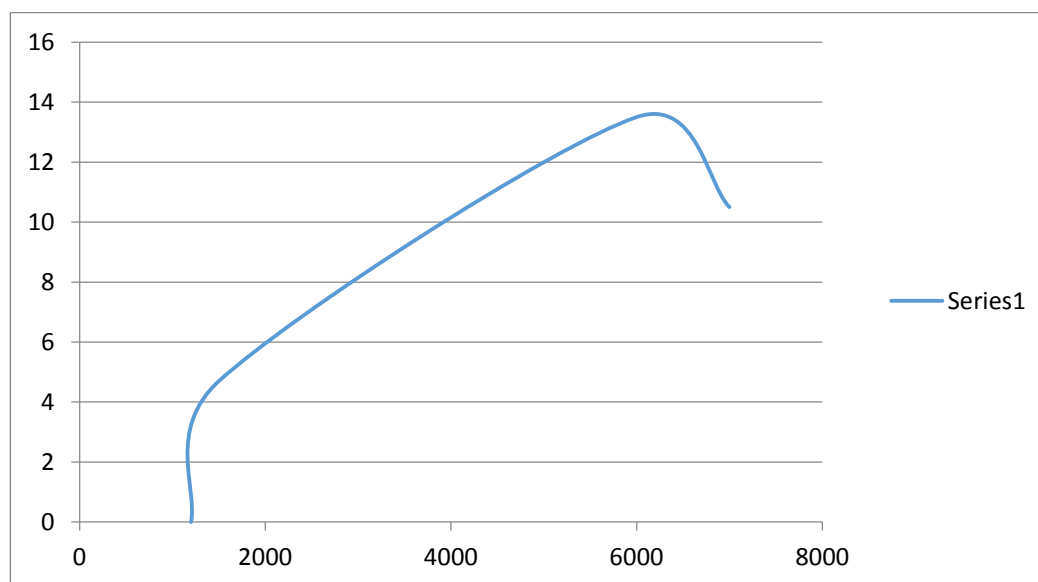


Fig. 55.- Diagrama de torque.

Fuente: Los Autores.

El diagrama que se muestra a continuación muestra la curva de potencia presente en el motor del prototipo. Muestra el valor pico que se puede alcanzar.

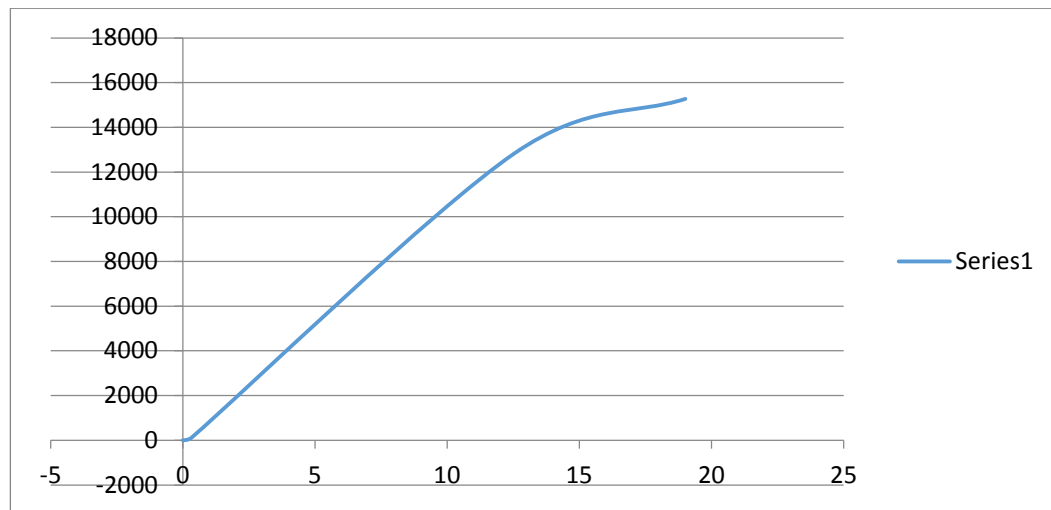


Fig. 56.- Diagrama de potencia.

Fuente: Los Autores.

En la imagen que se muestra a continuación se puede observar la elaboración de las bases para el motor, los cuales se elaboran en base de ciertos parámetros como la vibración y el espacio en el cual va hacer ubicado para concebir una estructura desmontable.



Fig. 57. Bases del motor

Fuente: Los Autores.

Posteriormente a esto se construye las bases para algunos sistemas que se requiere, tales sistemas son: encendido, escape, combustible.

Al ser un vehículo inducido por cadenas se requiere acoplar piñones al sistema de transmisión los cuales se ubican en puntos donde transmiten el movimiento generado por el motor. Se requiere construir, modificar y adaptar elementos a ejes pre-diseñados para mejorar la seguridad del sistema.

El diferencial se ubica a un costado de la parte media del vehículo, posición en la que el también impulsa dos piñones los cuales mueven las catalinas principales donde están los neumáticos del vehículo.



Fig. 58. Montaje de tren de potencia.

Fuente: Los Autores.

#### **4.11. Montaje de la suspensión.**

Como el concepto mismo del sistema de suspensión menciona que dicho sistema debe brindar una estabilidad y confort al ocupante, se selecciona el tipo de suspensión que es adaptable al vehículo.

Para los cual se decide montar el sistema de suspensión independiente que poseen los cuadrones para la suspensión delantera; y un sistema de brazo pivotante independiente para la suspensión posterior.

Para la suspensión delantera se construye las bases en el chasis, dichas bases sirve como puntos de acción de las mesas, brazos y amortiguadores del sistema.



Fig. 59. Montaje de suspensión delantera.

Fuente: Los Autores.

Como se puede observar en la fotografía se montan las bases en el chasis que dan el desplazamiento a las mesas delanteras como también para el amortiguador, esta operación se realiza guardando la simetría en ambos lados.

Una vez repetido el mismo proceso se puede tener las distancias tanto entre neumáticos como para ejes.

Con respecto a la suspensión posterior las bases para los brazos pivotantes están ubicadas en la parte central del bastidor, estas bases dan la articulación al momento del

accionamiento. Mientras que las bases para los amortiguadores parten del mismo brazo, y el otro extremo del amortiguador es anclado a bases construidas en la jaula.



Fig. 60. Montaje de la suspensión posterior.

Fuente: Los Autores.

#### **4.12. Montaje del sistema de frenos.**

Para la construcción del prototipo se toma en cuenta los dos sistemas de frenos existentes los cuales son: El primer sistema de frenos es por tambor y junto a sus elementos los cuales son: manigueta, cables, fundas, mordazas son los encargados de accionar los frenos de los neumáticos delanteros.

Mientras que los neumáticos posteriores tienen un sistema de frenos de discos, así mismo como el sistema anterior con sus respectivos componentes los cuales son manigueta, bomba, cañerías, mordazas se encarga de accionar los frenos de los neumáticos posteriores.





Fig. 61. Montaje de sistema de frenos.

Fuente: Los Autores.

Para el montaje del sistema de frenos se requiere construir bases para las mordazas de frenos, dichas bases se debe hacer de manera simétrica para poderlas fijar. Luego de realizar todas esas operaciones se llena el circuito con líquido de frenos DOT 3 y se procede a realizar una purga del aire que puede existir dentro del circuito. Una vez concluido el proyecto se revisa la eficacia de los frenos en las pruebas de campo.

#### **4.13. Adaptación y montaje de la dirección.**

El conjunto que interviene en el montaje de este sistema consta de los siguientes elementos: uno volante, una columna de dirección, brazo de dirección. Siendo los brazos de dirección sacados de un cuadrón y la columna de dirección de un auto Suzuki Forza.

La adaptación se realiza desde la parte superior ya que la dirección del Suzuki funciona de una manera diferente al de las motocicletas por eso se procede a unir el codo de la dirección del cuadrón con la columna, así se puede montar el volante o manubrio del cuadrón; este tipo de dirección es sencilla y solo depende de los movimientos del ocupante, las fotografías que se muestra a continuación se observa el volante ya adaptado.



Fig. 62. Montaje de dirección con volante de motocicleta.

Fuente: Los Autores.

Como siguiente paso se construye las bases para la dirección utilizando ciertas partes de la columna original.



Fig. 63. Construcción de bases para la columna de dirección.

Fuente: Los Autores.

Posterior a esto se procede a unir la base de los brazos de dirección con las terminales de los neumáticos por medio de rotulas que se ubican cerca de las manzanas.



Fig. 64. Montaje de los brazos de dirección.

Fuente: Los Autores.

Una vez que se hace las correcciones se procede a engrasar y fijar completamente el mecanismo de dirección de acuerdo con los ajustes necesarios.

#### **4.14. Montaje del sistema eléctrico.**

Para el montaje del sistema eléctrico se toma en cuenta todos los elementos propios del mismo tales que son: batería, módulos de encendido y bobinas, dichos elementos deben ir cerca del motor por lo que se opta por ubicarlos en el contorno del habitáculo del motor además sobre el motor se instala el tanque de combustible.



Fig. 65. Montaje de sistema eléctrico.

Fuente: Los Autores.

Como siguiente paso se adapta y monta los elementos de alumbrado y señalización como son los faros, luces direccionales, etc.... para lo cual se construye las bases para las luces guías, de igual manera se fabrica el tablero donde se instala las luces pilotos y los medidores de carga de batería y el medidor de combustible.

#### **4.15. Fabricación de la carrocería.**

Para la construcción de la carrocería se utiliza Aluminio material que por su bajo peso y fácil moldeo es usado en vehículos de alto rendimiento.

##### **4.15.1. Proceso de fabricación.**

Una vez construida la jaula de seguridad se procede a diseñar plantillas las cuales sirven de guía para la elaborar de la carrocería.

Dichas plantillas se colocan sobre la plancha de aluminio para realizar un proceso de calcado. Una vez que se dibuja la plantilla sobre el aluminio se realiza el corte y extracción de dicha pieza, para posterior ser doblada en los extremos, estos dobleces sirven como bases de anclaje.

Las cuales se anclan por medio de tornillos auto-perforantes fija la plantilla sobre la estructura de la jaula de seguridad.

El proceso anteriormente mencionado se repite varias veces en la construcción de las partes de la carrocería. Con la carrocería armada en su totalidad se procede al proceso de pintura.

#### **4.16. Proceso de pintura.**

La pintura que se aplica en el vehículo cumple dos funciones; por un lado protege de la corrosión y por otra parte brinda el aspecto estético, soportando el color y brillo que hace que los vehículos luzcan más llamativos.

##### **4.16.1. Equipo de pintura utilizado.**

###### **Pistola de gravedad.**

Con este instrumento se puede realizar cualquier tipo de trabajo de pintura porque esparce la pintura simétricamente.

###### **Lijadora.**

Para el proceso de lijado se escoge la lijadora roto/vital, está se usa para lijar la superficie en seco por medio de los discos abrasivos que eliminan las rugosidades de la superficie, además esta lijadora aspira el polvo por los agujeros de los discos. De igual manera se debe usar la protección adecuada.

###### **Preparación de la superficie.**

Las técnicas que se aplica en la preparación de la superficie son las siguientes:

- Lavado y desengrase
- Masillado
- Lijado
- Enmascarado

#### **4.16.3. Lavado y desengrase.**

Un proceso que con ayuda de fluidos de poder desengrasante se aplica a aspersión o solo aplicación manual con el que se puede eliminar vestigios de grasa o alguna sustancia similar. Finalmente se lava con agua y detergente.

#### **4.16.4. Masillado.**

Se puede considerar una operación fundamental en la preparación de la superficie con la cual se consiguió alisar la superficie que fue pintada.

Este proceso se aplica con la mezcla de productos especiales para este fin. En la primera aplicación se unta una fina capa de relleno con una espátula haciendo que esta cubra la superficie. Posterior a esto el proceso se vuelve a repetir hasta cubrir todas las imperfecciones.

#### **4.16.5. Aparejo.**

Luego de la preparación de acuerdo a los fabricantes se aplican varias capas de fondo con la pistola se suele aplicar con una presión de 3 o 4 bares procurando dejar una ligera cubierta en cada pasada, posterior a esto viene el lijado.

#### **4.16.6. Lijado.**

La finalidad del lijado es de eliminar rugosidades que puede tener la superficie, además de facilitar la adherencia de la pintura para que sea durable logrando así un acabado fino y estilizado. Existen dos tipos de lijado en seco o con agua, estos dos métodos se recomiendan aplicar en la superficie que se va a pintar.

#### **4.16.7. Enmascarado.**

Este proceso consiste en cubrir todas las superficies o partes del vehículo que no van a hacer cubiertas por pintura, o que pueden resultar atomizadas, esto deja totalmente disponibles las piezas que si van a hacer pintadas.

En el caso del vehículo se realiza el enmascarado de algunos sistemas para evitar que ellos sean pintados.

#### **4.16.8. Pintura.**

El trabajo termina cuando la pintura se atomiza sobre la superficie de la carrocería. Esto resulta de aplicar varias finas capas de pintura con un buen poder de cobertura. Con lo que se consigue un buen pintado del vehículo

#### **4.17. Inspección visual.**

Se procede a la inspección de las herramientas de pintura como la pistola para así estar seguro que se va a pintar sin ningún problema, verificando los orificios de aire y el pico este no debe estar obstruido.

##### **4.17.1. Inspección de la pintura.**

Para el control y aprobación de la pintura se realiza un análisis de los efectos y factores que se tiene en el entorno donde se aplica la pintura, esta inspección se realiza de manera visual directa y al tacto cuando la pintura está seca.

Los defectos más comunes son:

- Incrustaciones de polvo
- Ampollamientos
- Agrietamientos
- Descuelgue de pintura
- Rugosidades
- Falta de brillo

#### **4.18. Pintado del chasis.**

Para la estructura tubular se aplica el proceso de pintura al agua debido a que no se necesita de un acabado fino ni estético ya que aquí importa más cubrirlo con un elemento que lo proteja de la corrosión y sea resistente a golpes.

Previo al desengrasado y lijado correspondiente se aplica una capa de pintura como pintura base de color negro, luego de esto se espera un tiempo necesario para que se evapore y se adhiera, porque esta pintura es de agua y no se usa catalizador alguno.

#### **4.19. Pintado de la carrocería.**

Luego de la preparación de la pintura con el color escogido, se procede a la aplicación de la pintura sobre la carrocería, tomando en cuenta las normas y consejos de pintura investigados.



#### **4.20. Pruebas de campo.**

Al término de la construcción del vehículo, este se encuentra en condiciones ideales para las respectivas pruebas de comprobación y de comportamiento del chasis y de todos los elementos. Estas pruebas se deben realizar dentro de la pista internacional José Tobar y en el entorno urbano de la ciudad Ibarra, con estas primeras pruebas se puede ver los siguientes resultados.

##### **4.20.1. Chasis.**

El chasis soporta todas las cargas y fuerzas producidas tanto por el motor y la transmisión mostrando ligeramente pequeñas vibraciones.

Dentro de la estabilidad y centro de gravedad fue eficaz en el asfalto además de presentar un buen comportamiento al tomar curvas y en el cambio de terreno, siendo esto aceptable para el vehículo.

##### **4.20.2. Suspensión.**

El sistema de suspensión cumple satisfactoriamente su función al momento de amortiguar, aunque presenta un ligero revote al cubrir las irregularidades del camino.

##### **4.20.3. Frenos.**

Este sistema de igual manera cubre satisfactoriamente a las necesidades del vehículo. Aunque durante la prueba existe presencia de fuga de líquido en parte del sistema hidráulico. Pero el comportamiento de los dos sistemas es aceptable.

#### **4.20.4. Dirección.**

Este sistema funciona adecuadamente dentro de las pruebas. El sistema de dirección directa es un sistema idóneo que no requiere ayuda y se desenvuelve correctamente dentro del prototipo.

#### **4.20.5. Motor y tren de potencia.**

El motor durante las pruebas tiene un comportamiento excelente, pero la base de un eje de transmisión no soporta el torque que genera el motor, como resultado se partió y soltó de su posición.

Una vez que se analiza cada una de las respuestas de los sistemas se procede a solucionar aquellas fallas, siendo las soluciones:

1.- Los amortiguadores posteriores requieren de un ligero reajuste, para solucionar esto se procede a ajustar los muelles para endurecer la suspensión.

2.- Con respecto a la fuga presentada en el sistema hidráulico dicha fuga se encuentra en la parte del separador de flujo, para sellar la fuga se procede a cambiar las arandelas de sujeción y se coloca un poco de teflón para mejorar la estanqueidad.

3.- El endurecimiento de la dirección es propio de una dirección sin ningún mecanismo de asistencia o des-multiplicador, este sistema requiere de engrasar adecuadamente y aplicar un ajuste requerido.

4.- La base del eje que sufrió el desprendimiento es porque el material no soporta la fuerza, dicho esto se procede a construir una nueva base con un material más resistente, una vez cubierto esto se retoma las pruebas con excelentes resultados.

Las soluciones que se va dando para reparar ciertos defectos se da gradualmente de acuerdo a las pruebas a las que se somete al proyecto. Logrando obtener desempeños excelentes por todos los mecanismos y sistemas que integran el vehículo.

## **CAPÍTULO V**

### **5. Conclusiones y Recomendaciones.**

#### **5.1. Conclusiones.**

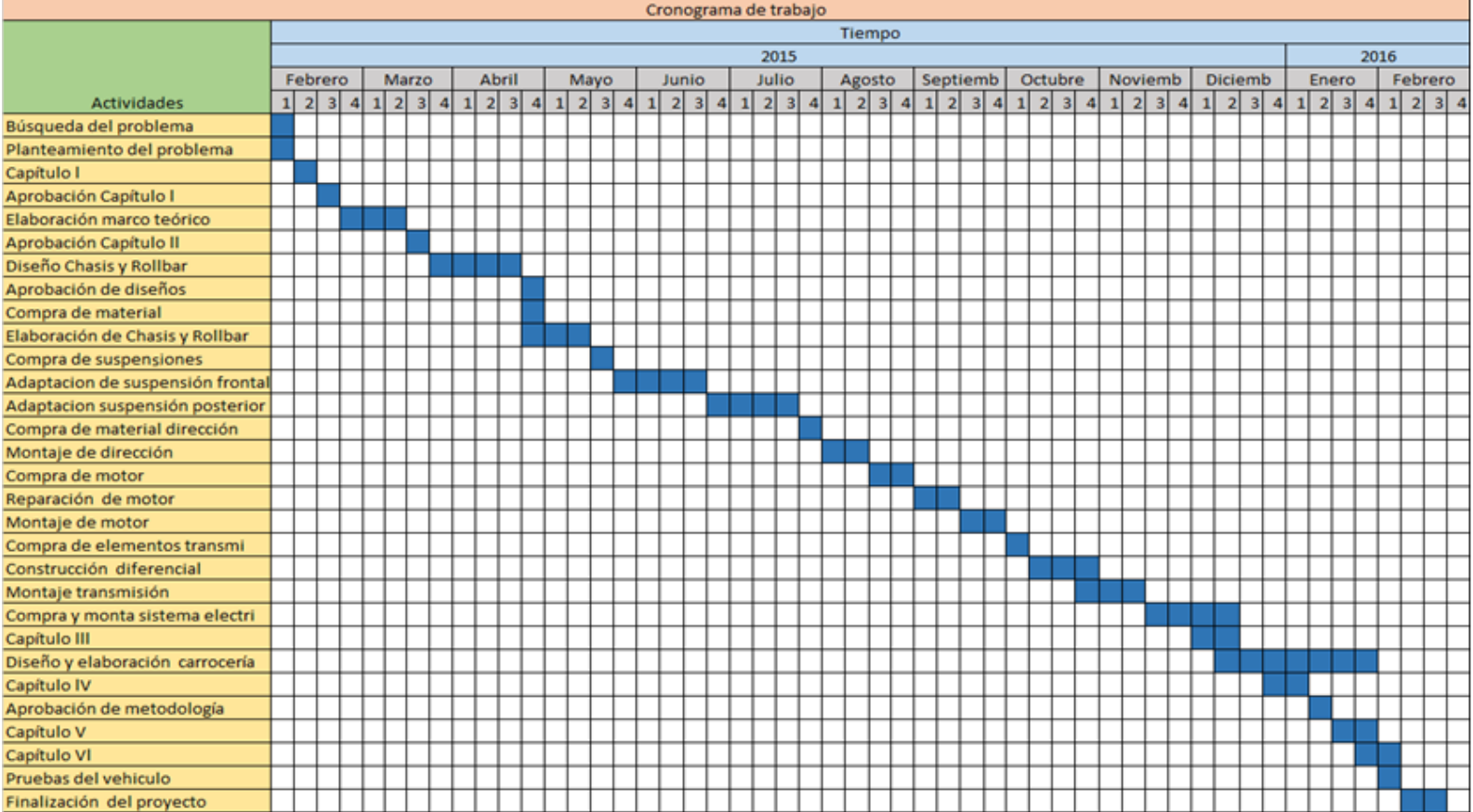
- Según el programa Inventor, los resultados de la tensión de Von Mises tiene un valor máximo de 5,77 MPa, un desplazamiento de 0,000627 mm, y un coeficiente de seguridad de 15 Su mostrando que la estructura es rígida y cumplió con los requerimientos.
- El torque aplicado en la catalina de motricidad de los neumáticos tiene un valor de 10.5 Nm el cual rinde 1094.10 rpm con una velocidad de 14.20km/h, siendo esta velocidad un rango adecuado para el vehículo.
- Se pudo construir un vehículo monoplaza para personas con paraplejia sin exceder de una inversión de 1800 dólares americanos.

## **5.2. Recomendaciones.**

- Se recomienda la utilización de materiales más ligeros en la construcción de chasis, para evitar sobrecargas y que mejore la eficiencia del vehículo, materiales como fibra de vidrio, fibra de carbono.
- Se recomienda la utilización de un motor eléctrico como fuente motriz para el vehículo, y la utilización de electrónica para automatizar los mandos y sistemas acoplados al vehículo.
- Se recomienda diseñar un sistema de elementos de seguridad para el ocupante.

## ANEXOS

### Cronograma de actividades



Fuente: Los Autores.

**Descripción de vehículos contruidos para personas con discapacidad física. (Ficha Técnica)**

Marca	ZLKL	Vexel	Community cars	Chino
Modelo	ELBEE	Quovis (Donde quieras)	Kenguru	Equal
Dimensiones LxAxH	2479mm/1330mm/1725mm	2300mm/1500mm/1700mm	2125mm/1525mm/1620mm	2150mm/1350mm/1470mm
Peso	400 kilos	600 Kilos	660 kilos	575 Kilos
Motor	Combustion interna	Diesel 500cc, 2 cilindros	2 Motores Electricos	2 Motores Electricos
Transmicion	Automatica	Automatica tipo CTV		
Velocidad Max	80km/h	70 km/h	45 km/h	40 km/h
Consumo	1.2 Gl por 100 km	4.5 Lt por 100 km		
Baterias (electricos)			4 Impul, 1 Auxi de 230v 50hz	4 Pilas y 4 Bate. Prin, 1 Aux
Potencia			4 kw	230 V
Subida Max			25 %	
Autonomia			110 km	60 km
Tiempo de Recarga			8 horas	8 a 10 Horas
Cambio de baterias			Cada 2 años	
Precio	15000 Euros	11118 Euros	25000 Dolares	

Fuente: Los Autores.

### Resumen de valores obtenidos.

	Rpm	D 1	D 2	I motor	Z 1	Z 2	I 1	Z 3	Z 4	I 2	Z d 1	Z d 2	I d	Z 5	Z 6	I 3	I Total	Rpm Salida	Radio N.	Velocidad	V Km/h	Torque
0	600	3	11	3,66666667	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	79,7607843	0	0,2164	0	0	0
0	900	3,04	11	3,60526316	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	78,4250774	0	0,2164	0	0	0
0	1200	3,08	10,9	3,54545455	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	77,1240642	0	0,2164	0	0	0
1	1500	3,12	10,9	3,48717949	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	75,8564103	19,7742023	0,2164	4,27913737	0,25674824	4,7
1	1800	3,16	10,8	3,43037975	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	74,6208488	24,1219448	0,2164	5,21998886	0,31319933	5,163
1	2100	3,2	10,8	3,375	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	73,4161765	28,6040502	0,2164	6,18991647	0,37139499	5,626
1	2400	3,24	10,8	3,32098765	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	72,2412491	33,2220169	0,2164	7,18924446	0,43135467	6,089
1	2700	3,28	10,7	3,26829268	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	71,0949785	37,9773657	0,2164	8,21830195	0,49309812	6,552
1	3000	3,32	10,7	3,21686747	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	69,9763288	42,8716403	0,2164	9,27742296	0,55664538	7,015
1	3300	3,36	10,6	3,16666667	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	68,8843137	47,9064074	0,2164	10,3669466	0,62201679	7,478
1	3600	3,4	10,6	3,11764706	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	67,8179931	53,0832577	0,2164	11,487217	0,68923302	7,941
1	3900	3,44	10,6	3,06976744	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	66,7764706	58,4038055	0,2164	12,6385835	0,75831501	8,404
1	4200	3,48	10,5	3,02298851	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	65,7588911	63,8696901	0,2164	13,8214009	0,82928406	8,867
1	4500	3,52	10,5	2,97727273	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	64,7644385	69,4825757	0,2164	15,0360294	0,90216176	9,33
1	4800	3,56	10,4	2,93258427	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	63,7923331	75,2441519	0,2164	16,2828345	0,97697007	9,793
1	5100	3,6	10,4	2,88888889	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	62,8418301	81,1561343	0,2164	17,5621875	1,05373125	10,256
1	5400	3,64	10,4	2,84615385	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	61,9122172	87,2202652	0,2164	18,8744654	1,13246792	10,719
1	5700	3,68	10,3	2,80434783	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	61,0028133	93,4383136	0,2164	20,2200511	1,21320306	11,182
2	6000	3,8	10,2	2,68421053	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	58,3894737	102,758248	0,2164	22,2368848	1,33421309	11,645
3	6000	5,4	8,6	1,59259259	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	34,643573	173,192298	0,2164	37,4788132	2,24872879	12,108
4	6000	7	7	1	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	21,7529412	275,82477	0,2164	59,6884803	3,58130882	12,571
5	6000	8,6	5,4	0,62790698	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	13,6588235	439,276486	0,2164	95,0594315	5,70356589	13,034
6	6000	9,4	4,6	0,4893617	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	10,6450563	563,641922	0,2164	121,972112	7,31832671	13,497
7	6000	10,2	3,8	0,37254902	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	8,10403691	740,371751	0,2164	160,216447	9,61298682	13,5
7	6200	10,2	3,64	0,35686275	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	7,7628143	798,679417	0,2164	172,834226	10,3700535	12,9
7	6400	10,2	3,48	0,34117647	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	7,4215917	862,348707	0,2164	186,61226	11,1967356	12,3
7	6600	10,2	3,32	0,3254902	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	7,08036909	932,154795	0,2164	201,718298	12,1030979	11,7
7	6800	10,2	3,16	0,30980392	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	6,73914648	1009,02986	0,2164	218,354061	13,1012436	11,1
7	7000	10,2	3	0,29411765	17	17	1	17	43	2,52941176	10	17	2	17	43	2,52941176	6,39792388	1094,10492	0,2164	236,764305	14,2058583	10,5

Fuente: Los Autores.



### Gastos realizados.

**Tabla 1**

Freno, Electrónica y Recursos Utilizados		
CANT	DETALLE	PRECIO(USD)
2	Tambores Delanteros	30
2	Cables de freno	2
1	Manigueta de freno cuadrón	25
1	Bomba de freno	7
3	Cañería	24
1	Acople	3
2	Mordazas traseras	10
2	Discos de freno	35
	Cableado eléctrico	20
2	Faros	25
2	Luces Direccionales	20
2	Luces de freno	15
1	Pito	5
	Botonería	15
1	Tacómetro	10
1	Medidor de Batería	10
1	Medidor de combustible	10
1	Batería	35
	Servicio de torno	60
	Suelda	40
4	Discos de corte	20
4	Discos de pulir	20
	Transportes	30
	Pinturas	35
	Herramientas	50
	Varios	50
Total		606

Fuente: Los Autores.

Tabla 2

Chasis, Carrocería, Transmisión, Dirección y suspensión		
CANT	DETALLE	PRECIO (USD)
	Tubo redondo 1 1/2	50
	Tubo cuadrado 1 1/2	24
	Tubo cuadrado de 1/2'	8
	Platina de 1/8'	10
2	Mesas de suspensión	40
2	Amortiguadores delanteros	30
2	Amortiguadores posteriores	75
2	Rotulas	13
2	Manzana delantera	30
2	Llantas delanteras (Neumático y aro)	50
2	Manzanas posteriores	32
2	Llantas posteriores (Neumático y aro)	80
6	Rulimanes	36
5	Cadena de eslabones	50
2	Catalinas	14
5	Piñones	15
4	Eje	20
1	Chumaceras	5
2	Planchas de aluminio	130
	Remaches	10
	Pintura	50
	Lijas	5
	Masquin	4
	Masilla plástica	40
	Columna de dirección	50
	Brazos de dirección	5
	Cruceta	5
Total		881

Fuente: Los Autores.

Gasto de tabla 1	606
Gasto de tabla 2	881
Total	1487

Fuente: Los Autores.



Fig. 66.- Reparación del motor

Fuente: Los Autores.



Fig. 67.-Armado del motor.

Fuente: Los Autores.



Fig. 68.-Ensamble de la base del chasis.

Fuente: Los Autores.

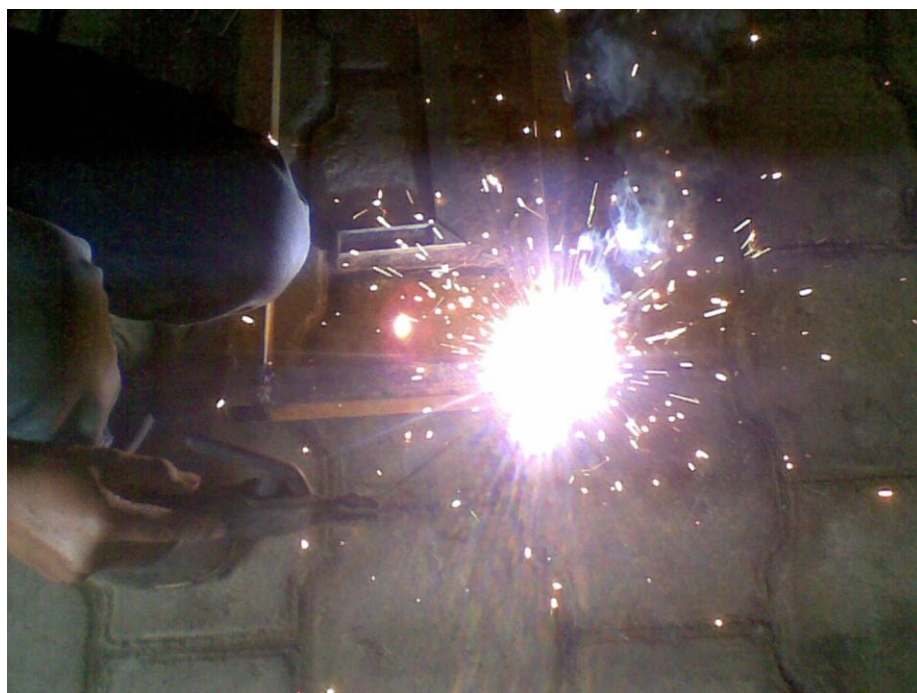


Fig. 69.- Aplicación de Suelta.

Fuente: Los Autores.





Fig. 70.- Armado de mesas de suspensión delanteras.

Fuente: Los Autores.



Fig. 71.- Ensamble de mesas y visualización de la posición del motor.

Fuente: Los Autores.



Fig. 72.- Ubicación de brazos pivotantes, instalación de transmisión y armado de suspensión delantera.

Fuente: Los Autores.



Fig. 73.- Instalación de bases del motor.

Fuente: Los Autores.





Fig. 74.- Instalación de dirección.

Fuente: Los Autores.



Fig. 75.- Ensamble del arco principal de la jaula de seguridad.

Fuente: Los Autores.



Fig. 76.- Armado de bases e instalación de suspensión posterior.

Fuente: Los Autores.



Fig. 77.- Armado total de la estructura.

Fuente: Los Autores.





Fig. 78.- Instalación de sistemas de frenos.

Fuente: Los Autores.



Fig. 79.- Instalación de sistema eléctrico del vehículo y adaptación de tanque de combustible.

Fuente: Los Autores.



Fig. 80.- Separador de flujo para líquido de frenos.

Fuente: Los Autores.



Fig. 81.- Mandos de acelerador y freno en el volante de dirección.

Fuente: Los Autores.



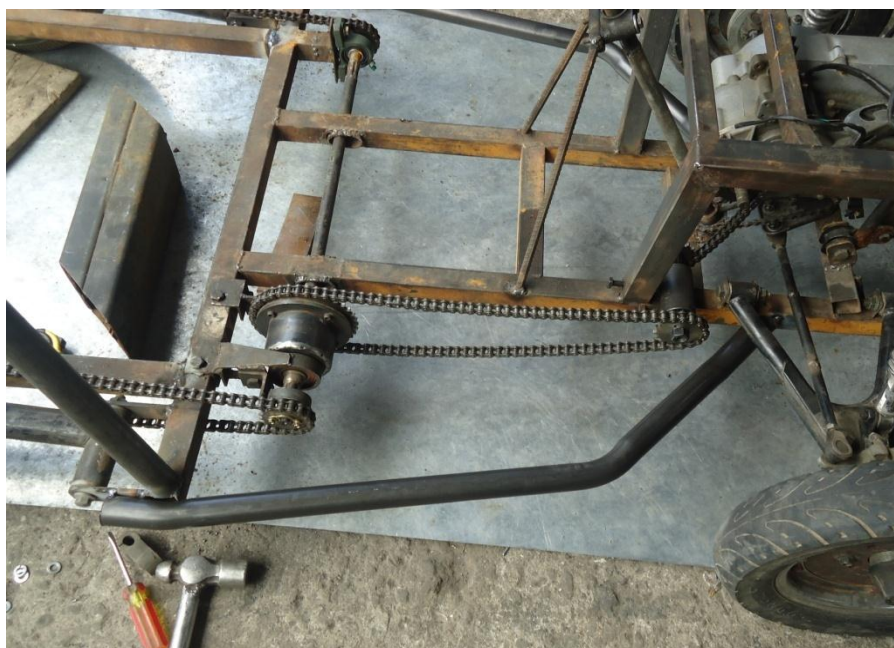


Fig. 82.- Transmisión armada.

Fuente: Los Autores.



Fig. 83.- Primera dirección montada.

Fuente: Los Autores.

## Bibliografía

- Accesible, T. (Julio de 2012). *Clasificación ISO 9999*. Obtenido de Tecno Accesible: [http://www.tecnoaccesible.net/norma\\_9999](http://www.tecnoaccesible.net/norma_9999)
- Cabellero, J. (2015). *Grupo Pro Circuit*. Obtenido de ProCircuit Web site.: <http://kikito97iesjerezycaballero.blogspot.com>
- CETI. (Noviembre de 2015). *Indura S.A.* Recuperado el 2015, de Tipos de Electrodo, clasificación e identificación de los electrodos.: <http://www.smaw.cl>
- CONADIS. (Noviembre de 2014). *CONADIS*. Obtenido de Estadística discapacidad en el Ecuador.
- Cuadra, S. A. (2014). Pruebas de accion de frenado moto Honda 125. *MOTO 125cc* , 12-13.
- Dr. Juan Fortune Haverbeck, D. J. (2002). *Otopedia y Traumatología. Segunda Edición*.
- Fajardo, M. H. (2015). *Sistema de Direccion*. Recuperado el 25 de Agosto de 2015, de SlideShare.com: <http://www.patagonia4x4.com.ar>
- Firpo, D. C. (2010). *Manual de Ortopedia y Traumatología, Primera Edición*.
- FNX.com.ar*. (2015). Obtenido de Repuestos para autos.
- Formula Automovlistica Universitaria. (2008). *Reglamento* . Ecuador.
- Frenos, E. (2015). *Motoxx Parts*. Obtenido de Accesorios: <http://www.especialistasfrenos.com>
- Hans Appold, k. F. (1984). *Tecnología de los metales*. Buenos Aires: Reverté S.A.
- Libre, M. (2015). *Clasificados. com*. Obtenido de Discos de competencia: <http://articulo.mercadolibre.com.ec>
- Mecanic. com*. (2015). Obtenido de Mecanic web Direction parts.
- Mecanicaautomotriz.com*. (2015). Obtenido de Mecanicaautomotrizblogspot.com.
- Mises, T. d. (2015). *Scribd. com* . Obtenido de Criterio de Von Mises: <https://es.scribd.com/doc/86170301/Criterio-de-Von-Mises>
- moto, E. C. (2015). *Recambio Para Motos Clasicas*. Obtenido de Accesorios Vespa: <http://www.recambio-moto.com>
- MotorUno, C. (2015). *Catalogo MotorUno*. Obtenido de MotorUno.com: <http://motor-uno.com/servicio-tecnico/>
- Normalización, I. E. (2003). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2349. *Revisión Técnica Vehicular. Procedimiento*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Normalización, I. E. (2009). NTE INEN 1323 Vehiculos automotores. Carrocerias de buses. *Requisitos*. Quito, Ecuador.

Pack, B. (2015). *Corporacion BP Cia. Ltda. 2015*. Recuperado el Septiembre de 2015, de Informe Técnico Modelo TR-250: <http://www.bpecuador.com>

Paz, M. A. (1965). Manual de automóviles. En M. A. Guitián, *Manual de Automóviles* (pág. 525). Madrid. España: Cie. Inversiones Editoriales Dossat 2000 S.L.

Ramos, D. M. (2013). Paraplejia y su Tratamiento. *Revista de la Sociedad Andaluza de Traumatología y Ortopedia* , 9-10.

SlideShare.com. (2015). *Carrocería*. Obtenido de Carrocería de los Vehiculos.: <http://es.slideshare.net/sidokar/carrocera-del-automvil>

Vida, A. a. (2013). Teoria de la energia de deformación. En R. Valencia. Pamplona.